MARIETA NICOLAE
AGNETA CERBU
V. MUNTEANU
M. KICÁROSIE

# CHIMIA FOTOGRAFICĂ ȘI TEHNOLOGIA PRELUCRĂRII PELICULEI

MANUAL PENTRU LICEE DE SPECIALITATE
ANII III ȘI IV

Scanned with OKEN Scanner

MARIETA NICOLAE
AGNETA CERBU
V. MUNTEANU
M. KICÀROSIE

# CHIMIA FOTOGRAFICĂ ȘI TEHNOLOGIA PRELUCRĂRII PELICULEI

Manual pentru licee de specialitate
ANII II, III și IV

Editura didactică și pedagogică
București - 1971

Scanned with OKEN Scanner

Manualul a fost revizuit
pe baza programei şcolare
aprobate de Ministerul Învăţămîntului
cu nr.98323/1967

Referent: ing. S.COMĂNESCU
Redactor: ing. E.RĂDOI
Tehnoredactor: DUMITRAŞCU SANDA

Scanned with OKEN Scanner

# Partea întîi

# CHIMIA FOTOGRAFICĂ

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul I

# NOȚIUNI INTRODUCTIVE

## 1. Definiția noțiunii de proces fotografic

Prin p r o c e s f o t o g r a f i c se înțelege operația de înregistrare a unei imagini pe un material fotosensibil, prin expunerea sa la lumină. Există o multitudine de procese, dintre care majoritatea bazate pe transformări fotochimice, care permit înregistrarea de imagini și sînt înglobate în denumirea de procese fotografice. În mod convențional se denumește însă proces fotografic înregistrarea de imagini pe materiale fotografice pe bază de halogenuri de argint.

Pe lîngă procesul fotografic convențional se mai cunosc și unele procese de înregistrare a imaginilor, care au la bază transformări fotochimice în diferite materiale fotosensibile, ca, de exemplu, diazotipia, fotogravura etc. Alte procese de înregistrare de imagini, ca xerografia sau electrofotografia și termografia, sînt principial diferite de procesele menționate mai sus.

În cinematografie, în tehnica obținerii și difuzării filmelor se folosește aproape în exclusivitate procesul fotografic convențional.

## 2. Obținerea imaginii fotografice

Procesul fotografic reprezintă o importantă aplicație în practică a unui proces fotochimic.

Pentru a se obține o imagine fotografică, trebuie să se expună, în condiții determinate de iluminare, un material sensibil la lumină, operație denumită f o t o g r a f i e -

Scanned with OKEN Scanner

r e. Materialul expus se numeşte strat fotosensibil sau material fotografic.

Operaţia de fotografiere se realizează introducînd materialul fotografic în camera unui aparat de fotografiat, unde se expune un timp determinat la razele de lumină primite de la obiectul a cărui imagine se urmăreşte să se obţină. Pentru a obţine o imagine corespunzătoare, este necesar ca obiectul ce se fotografiază să fie suficient de bine şi uniform iluminat.

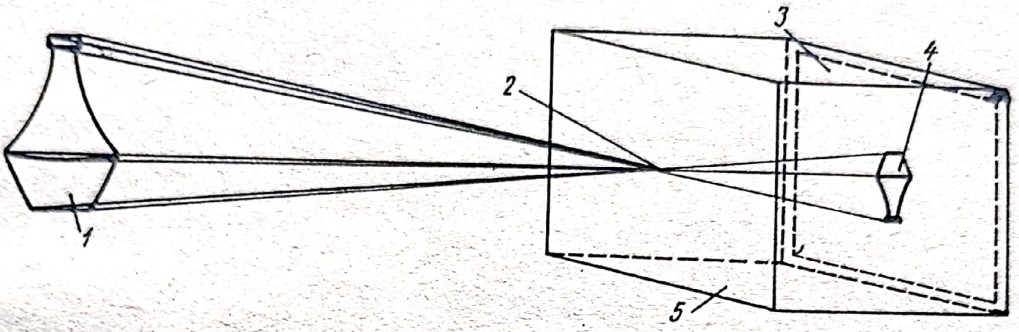



Fig.1. Schema de formare a unei imagini fotografice:
1 - obiect; 2- orificiu de pătrundere a razelor de lumină(obiectiv); 3-film fotogfafic; 4- imagine; 5 -camera fotografică.

După cum rezultă din figura 1, razele emise de diferite porţiuni luminoase ale obiectului pătrund în obiectivul aparatului fotografic. Acesta este constituit dintr-un sistem de lentile care au proprietatea de a forma imaginea obiectului pe care o proiectează pe suprafaţa materialului fotosensibil aflat în camera aparatului. Diferitele regiuni ale stratului fotografic primesc o cantitate mai mare sau mai mică de lumină, în funcţie de intensitatea radiaţiilor emise de diferite porţiuni ale obiectului ce pot fi mai luminoase sau mai întunecate. Cu cît cantitatea de lumină primită de materialul fotosensibil este mai mare, cu atît acesta este impresionat mai puternic. Regiunile imaginii ce corespund părţilor întunecate ale obiectului sînt impresionate mai puţin.

Scanned with OKEN Scanner

## 3. Componenţa straturilor fotografice

Un material fotografic propriu-zis este constituit dintr-un strat fotosensibil denumit strat de emulsie fotografică şi un suport (fig.2).

Emulsia fotografică este o dispersie foarte fină a unei substanţe fotosensibile, sub formă de microcristale, într-un mediu coloidal. Există numeroase substanţe fotosensibile (săruri minerale, substanţe organice) care sînt folosite în tehnică în diverse scopuri. Pentru o emulsie fotografică propriu-zisă însă, substanţa fotosensibilă este bromura de argint sau un amestec de bromură de argint cu o altă halogenură de argint (iodură sau clorură de argint). Ca mediu coloidal de dispersie se foloseşte gelatina.

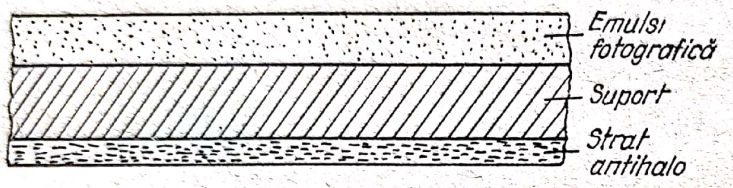



Fig.2. Secţiune într-un material fotografic.

Din cele două componente ale stratului fotosensibil numai halogenura de argint participă în procesul fotografic, datorită proprietăţii sale de a se descompune la lumină. Gelatina intervine numai prin proprietăţile ei fizice care le prezintă, ca suport coloidal al substanţei fotosensibile.

Ca suport al stratului fotosensibil se pot folosi:

- plăci de sticlă, în care caz materialul fotografic poartă denumirea de placă fotografică;
- un film de ester celulozic, caz în care materialul se denumeşte film fotografic;
- hîrtie sau carton cu anumite caracteristici, caz în care materialul poartă denumirea de hîrtie fotografică.

Cînd suportul stratului fotosensibil este transparent (sticlă sau film), pe dosul său se depune un strat colorat translucid, denumit strat antihalo. Acesta are rolul de a împiedica reflexia pe suprafaţa dorsală a suportului a razelor de lumină care au străbătut stratul fotosensibil, împiedicînd în acest fel formarea de imagini parazite.

Scanned with OKEN Scanner

4. Obţinerea imaginii vizibile

Prin acţiunea luminii asupra emulsiei fotografice în condiţii normale de iradiere ($1o^{-1}$ - $1o^{-2}$s) se produc transformări chimice care nu sînt însă vizibile cu ochiul liber. Produsul acţiunii directe a luminii asupra stratului fotosensibil poartă numele de imagine latentă. Pe cale experimentală s-a stabilit că imaginea latentă constă din aglomerări de atomi de argint repartizaţi în mod discret pe suprafaţa sau în interiorul microcristalelor de halogenură de argint. Observarea imaginii latente chiar cu microscoape cu un grosisment ridicat nu este posibilă, întrucît concentraţia de atomi de argint într-un strat fotografic expus este extrem de mică, nedepăşind $1o^{-7}$ g/cm$^2$ emulsie.

Pentru obţinerea unui efect vizibil al acţiunii luminii asupra unui strat fotografic sînt necesari timpi foarte lungi de iradiere. Dacă se înveleşte jumătate din suprafaţa fotosensibilă a unei plăci fotografice neexpusă cu o hîrtie neagră, iar cealaltă jumătate este lăsată liberă şi în acest mod se expune la lumină un timp mai îndelungat, de exemplu, cîteva ore, după care se îndepărtează hîrtia neagră de pe jumătatea acoperită şi se priveşte suprafaţa stratului fotosensibil, se observă că partea care a fost expusă liber la lumină este mai închisă la culoare, în comparaţie cu partea care a fost protejată de acţiunea luminii. Culoarea galbenă a halogenurii de argint pe partea expusă a devenit cenuşie. Acest proces de închidere a culorii emulsiei fotografice sub acţiunea directă a luminii în timpi foarte lungi de expunere, care depăşesc de mii şi zeci de mii de ori pe cei folosiţi în practica curentă, se numeşte proces de înnegrire directă. El se explică prin apariţia în stratul fotosensibil a unei cantităţi importante de argint metalic provenite din fotoliza halogenurii de argint.

În mod uzual, pentru timpi normali de expunere se obţine o imagine vizibilă într-un strat expus, numai atunci cînd se acţionează asupra lui cu o soluţie reducătoare denumită revelator. Aceasta are proprietatea de a reduce la argint

metalic cristalele de halogenură de argint ce conţin imagine latentă (care au fost impresionate), furnizînd în acest fel imaginea vizibilă.

Prin expunerea la lumină a unei emulsii fotografice, numai un anumit număr de microcristale de halogenură de argint vor fi expuse, adică acelea în care se formează imaginea latentă. Grăunţii de halogenură de argint ce nu conţin imagine latentă nu se developează, adică în procesul de developare nu suferă nici o transformare.

Pentru a nu altera proprietăţile imaginii vizibile, este necesar ca după developare halogenura de argint neimpresionată la lumină să fie îndepărtată din stratul fotografic. Aceasta se realizează prin operaţia denumită fixare. Fixarea se efectuează într-o baie care are proprietatea de a dizolva halogenura de argint.

După fixarea stratului fotografic, acesta este spălat şi uscat. El se găseşte astfel într-o formă stabilă şi imaginea sa poate fi păstrată un timp îndelungat, fără să se altereze.

## 5. Imaginea negativă şi imaginea pozitivă

Ca rezultat al expunerii şi al developării unui material fotografic se obţine o imagine negativă. Ea se numeşte astfel întrucît repartiţia pe imagine a părţilor luminoase şi întunecate este inversă în raport cu obiectul. Porţiunile clare (luminoase) ale obiectului corespund regiunilor de înnegrire maximă pe negativ, iar regiunile întunecate ale obiectului corespund porţiunilor clare (transparente) ale negativului. Imaginile negative se obţin de obicei pe materiale fotografice transparente destinate acestui scop, denumite c l i ş e e.

Pentru a obţine o imagine fidelă obiectului, este necesar să se expună prin intermediul negativului un material fotografic de obicei cu alte caracteristici decît cel al negativului.

Scanned with OKEN Scanner

Imaginea obţinută în aceste condiţii, după developare şi fixare, se numeşte pozitivă. Pe pozitiv părţile luminoase ale obiectului apar clare, iar părţile întunecate,negre.

În concluzie, procesele ce duc la obţinerea unei imagini fotografice fidele obiectului (imagine pozitivă) sînt următoarele:

- expunerea materialului fotografic negativ într-un aparat fotografic;
- developarea materialului expus pentru obţinerea unei imagini negative:
- fixarea negativului;
- spălarea şi uscarea negativului;
- expunerea unui material pozitiv prin intermediul imaginii negative pentru obţinerea unei imagini pozitive;
- developarea pozitivului;
- fixarea pozitivului;
- spălarea şi uscarea pozitivului.

## 6. Aplicaţiile fotografiei

Înregistrarea de imagini pe cale fotografică prezintă o importanţă deosebită pentru arta cinematografică, tehnica documentării, poligrafie , ştiinţă şi alte domenii ale tehni - cii. Prin aceste aplicaţii, fotografia are astăzi un rol social-educativ şi un rol de instrument de investigare în ştiinţă şi tehnică, deci un mijloc simplu pentru informare şi studiu, pus la îndemîna amatorilor, a laboratoarelor industriale şi de cercetare.

Fotografia a permis, în acelaşi timp, asociată cu alte procedee, studiul fenomenelor greu accesibile, ca: fotografierea feţei invizibile a Lunii, fotografii subterane, submarine, fotografii în zonele radioactive etc.

Nivelul actual de dezvoltare al artei cinematografice nu poate fi conceput fără a ţine seama de rolul fotografiei. Progresele realizate în decursul timpului în domeniul

Scanned with OKEN Scanner

perfecţionării materialelor fotosensibile, ca şi în acela al camerelor de luat vederi, s-au reflectat în mod nemijlocit, fără întîrziere, în tehnica cinematografică.

Aplicaţiile foarte largi ale fotografiei în toate domeniile ştiinţei şi tehnicii au impus perfecţionarea şi diversificarea materialelor fotografice. În permanenţă au apărut şi apar noi materiale fotografice cu performanţe din ce în ce mai bune, cît mai adecvate scopului propus.

Paralel cu noile tipuri de materiale fotografice se perfecţionează şi se diversifică tehnica de prelucrare a materialelor fotografice, a utilajelor de prelucrare şi control.

<u>Rolul prelucrării peliculei în procesul de realizare şi difuzare a filmelor.</u> Un rol important în tehnica cinematografiei îl are tehnologia prelucrării peliculei. Ţinînd seama de diversitatea materialelor fotografice folosite în realizarea filmelor şi de calitatea superioară care se cere imaginilor prelucrate, rezultă sarcinile dificile care se pun în faţa laboratoarelor de prelucrare a peliculelor destinate cinematografiei. Pentru a se asigura o calitate ridicată imaginilor developate este necesar ca prelucrarea să fie supusă unui control atent, minuţios. Acest lucru este posibil a se efectua pe scară mare în instalaţii compacte de prelucrare complet mecanizate, cu controlul automat al parametrilor de lucru. Prelucrarea în asemenea instalaţii este procedeul cel mai economic şi mai productiv din tehnologia prelucrării peliculei cinematografice.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul II

# FORMAREA ŞI PROPRIETĂŢILE IMAGINII FOTOGRAFICE LATENTE

## A. Formarea imaginii latente

### 1. Natura chimică a imaginii latente

Halogenura de argint reprezintă substanţa fotosensibilă a emulsiei fotografice (a stratului fotosensibil al unui material fotografic) care se găseşte dispersată în gelatină (mediu coloidal de dispersie) sub forma unor cristale de dimensiuni foarte mici, denumite **microcristale** sau **grăunţi fotografici**.

Dacă se priveşte la microscop o picătură de emulsie fotografică lichidă într-o formă foarte diluată, se observă ca ea conţine un număr foarte mare de microcristale de halogenură de argint bine definite ca formă şi dimensiune (fig.3). Acestea sînt grăunţii emulsiei fotografice. Dimensiunea medie a unui grăunte variază în jurul a 1 $\mu$ pentru emulsiile uzuale şi poate atinge maximum 3 $\mu$ . Pentru unele tipuri speciale de emulsii fotografice, dimensiunea grăunţilor de halogenură de argint poate coborî mult sub 1 $\mu$ , atingînd valori pînă la cîteva sutimi de micron.

Fig.3. Microcristale ale unei emulsii fotografice.

Proprietăţile emulsiei fotografice depind de compoziţia halogenurii de argint, de forma şi dimensiunile microcristalelor, de modul de preparare a emulsiei şi de tratamentele chimice la care a fost supusă.

Ansamblul de grăunţi al unei emulsii fotografice se mai numeşte şi g r a n u l a ţ i a e m u l s i e i.

Transformările chimice care au loc sub acţiunea luminii în substanţele fotosensibile sînt condiţionate de structura internă a cristalelor care formează grăunţii fotografici.

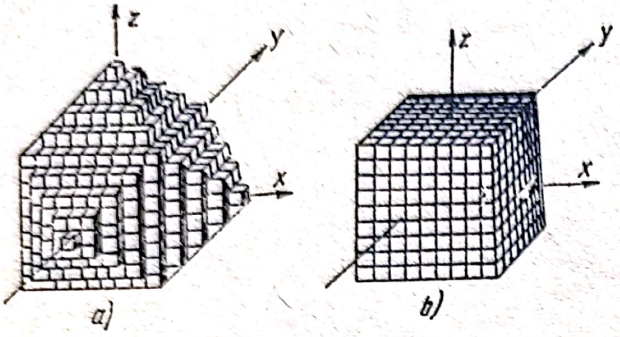



Fig.4. Procesul de formare a unei reţele cristaline cubice:
a- schema creşterii cristalului;
b- cristal cubic perfect format.

Substanţele fotosensibile folosite în tehnica fotografică sînt toate substanţe cristaline în care atomii, moleculele sau ionii se aranjează după anumite forme geometrice regulate, ca, de exemplu: cub, romb, pătrat etc. Întregul cristal se formează prin repetarea în spaţiu a formei geometrice de bază, numită c e l u l ă e l e m e n t a r ă (fig.4). Ansamblul celulelor elementare se numeşte r e ţ e a.

După forma geometrică a celulei elementare, cristalele se împart în şapte sisteme: cubic, pătratic, romboedric, hexagonal, rombic, monoclinic şi triclinic. Sistemul cubic are la bază cubul, care la rîndul lui poate fi: cub simplu (fig.5,a), centrat intern (fig.5,b) sau cu feţe centrate (fig.5,c). Astfel, halogenurile de argint (AgCl, AgBr şi AgI) cristalizează în reţea cubică simplă.

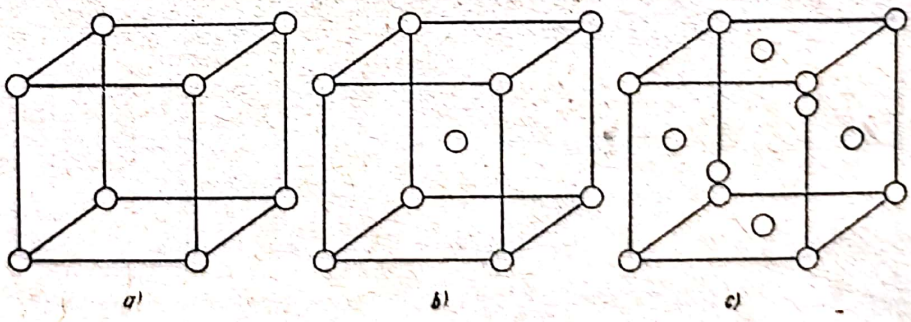



Fig.5. Sisteme cristalografice cubice: a- sistem cubic simplu; b- sistem cubic centrat intern; c- sistem cubic cu feţe centrate.

Locurile ocupate de particule în reţea se numesc n o - d u r i. După felul particulelor ce compun cristalul, care se găsesc în nodurile reţelei cristaline, se disting patru tipuri fundamentale de reţea: reţea atomică, ionică, moleculară şi metalică. Argintul, ca de altfel toate metalele, cristalizează în reţeaua metalică. Halogenurile de argint, ca de altfel aproape toate sărurile, hidroxizii bazici şi unii oxizi formează cristale ionice. În nodurile reţelei ionice se găsesc ioni pozitivi-cationi şi ioni negativi-anioni. Nodurile cationice şi anionice alternează, formînd o structură simetrică- reţeaua ionică (fig.6). Distanţa între doi ioni vecini şi de semn contrar se numeşte p a r a m e t r u l r e ţ e l e i notat cu a şi este o valoare constantă, caracteristică pentru fiecare reţea (fig.5 şi 6). Parametrul reţelei se determină cu ajutorul razelor X.

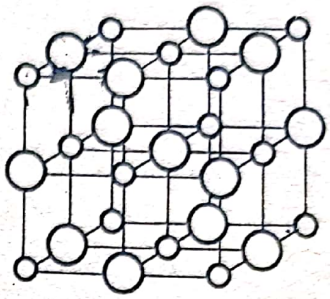



Fig.6. Schema unui cristal cubic izomorf de Ag(Cl,Br).

Stabilitatea reţelei ionice este determinată de forţele de atracţie electrostatică dintre ionii de semn contrar.

Sînt cazuri cînd una şi aceeaşi substanţă cristalizează în sisteme diferite, fenomen numit p o l i m o r f i s m. De exemplu, AgI cristalizează, în funcţie de condiţii, în reţea cubică şi hexagonală.

Sînt şi cazuri cînd substanţe diferite, care au ioni comuni şi formulă chimică analogă, precum şi dimensiuni apropiate ale ionilor străini, cristalizează împreună, formînd reţele mixte sau izomorfe (fig.6). De exemplu: AgCl cu AgBr sau, în anumite condiţii, AgBr cu AgI.

Cristalele se obţin din soluţii prin precipitare sau cristalizare, ca urmare a scăderii solubilităţii sau din topituri prin răcire. Cristalele formate au rar o formă perfect ideală. În majoritatea cazurilor apar defecte de diferite tipuri. Majoritatea acestora au o importanţă deosebită pentru proprietăţile fotochimice ale cristalelor de halogenură de argint.

Scanned with OKEN Scanner

Cele mai importante dintre acestea sînt:

- defectele ionice;
- impurităţile de atomi sau ioni străini;
- defectele geometrice (denumite şi dislocaţii).

Defectele ionice se caracterizează prin lipsa ionilor din anumite noduri ale reţelei, în situaţia de echilibru sau în alte cazuri, unii ioni ocupă poziţii internodale, adică se găsesc deplasaţi între două noduri ale reţelei. Aceşti ioni aflaţi între nodurile reţelei poartă numele de i o n i i n t e r n o d a l i. Prezenţa locurilor libere ale reţelei,

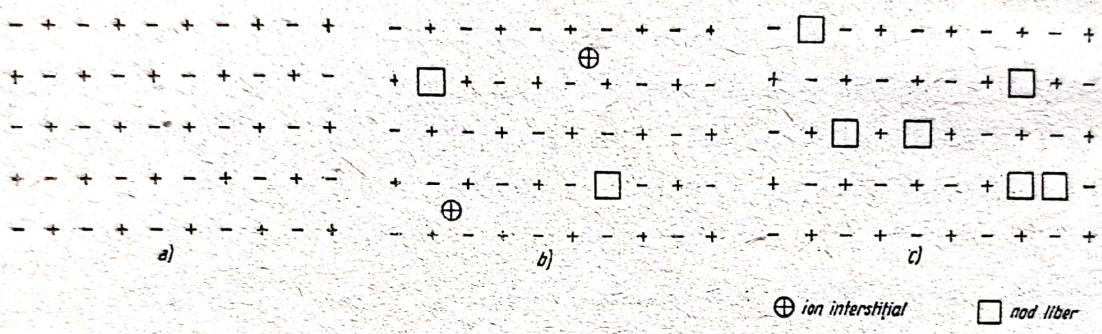



Fig.7. Defecte ionice într-un cristal: a- reţea ideală; b- reţea cu ioni interstiţiali şi locuri (noduri) libere; c- reţea cu noduri libere.

precum şi a ionilor internodali rezultă din figura 7. Un nod liber al reţelei poartă o sarcină de semn contrar ionului căruia i-a aparţinut. De exemplu, locurile cationice poartă o sarcină negativă, iar locurile anionice o sarcină pozitivă. Ionii internodali, la rîndul lor, pot fi pozitivi sau negativi.

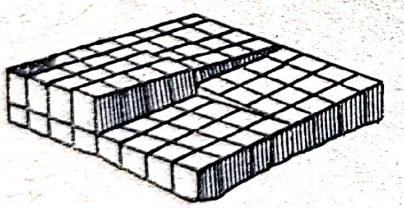


Fig.8. Dislocaţia straturilor (în spirală într-un cristal cubic).

Impurităţile de atomi sau ioni străini apar în cristal chiar în timpul formării lor.

Defectele geometrice, denumite şi dislocaţii, constau în deformaţii ale planurilor de ioni ce constituie reţeaua (alunecări sau curbări ale acestor planuri) - (fig.8).

Locurile care prezintă deformaţii sînt deosebit de active. Pe ele se adsorb puternic ioni, atomi sau molecule din mediul înconjurător, de aceea toate aceste categorii de defecte ale reţelei joacă un rol activ în procesele care au loc în cristal în timpul formării imaginii fotografice.

Astfel, de exemplu, pe locurile deformate geometric ale microcristalelor de halogenură de argint din emulsiile fotografice se adsorb deosebit de puternic, între altele, molecule de $Ag_2S$, de sensibilizatori chimici şi atomi de argint. Aceste locuri reprezintă centre sau germeni de sensibilitate a emulsiilor fotografice. Prezenţa lor măreşte mult sensibilitatea optică a emulsiilor.

Produsul acţiunii directe a luminii asupra unei emulsii fotografice se numeşte **imagine latentă**. Aceasta se transformă în imagine vizibilă numai în urma unui proces de developare.

Imaginea latentă nu reprezintă o transformare vizibilă cu ochiul liber a substanţei fotosensibile. Totuşi, numai un strat fotografic care conţine imagine latentă dă prin developare o imagine vizibilă.

Natura chimică a imaginii latente a fost o problemă mult controversată în decursul timpului. În prezent se acceptă neîndoielnic faptul că imaginea latentă este formată din agregate de atomi de argint răspîndiţi în diferite locuri în interiorul şi mai ales pe suprafaţa grăunţilor fotografici care au fot impresionaţi de lumină (fig.9).

Fig.9. Cristal de bromură de argint ce conţine centre de imagine latentă.

Un asemenea agregat de atomi poartă denumirea de **centru de imagine latentă**. Numărul de atomi de argint prezenţi într-un centru de imagine latentă este variabil, în funcţie de intensitatea de expunere, natura emulsiei,

şi poate fi de cîteva zeci pînă la cîteva mii şi zeci de mii.

Pentru ca un grăunte fotografic să fie developabil, el trebuie să conţină cel puţin unul sau mai multe centre de imagine latentă de dimensiune convenabilă.

Cantitatea de argint metalic care formează imaginea latentă a unui strat fotografic este aşa de mică, încît ea nu poate fi pusă în evidenţă pe cale chimică. Prin anumite metode fizice, cai observaţie la microscopul electronic, analiză prin raze X, centrele de imagine latentă sînt puse însă în evidenţă. Pe această cale s-a stabilit că imaginea latentă este formată de atomi de argint metalic.

## 2. Centre de sensibilitate

S-a observat că localizarea centrelor de imagine latentă în timpul formării lor sub acţiunea luminii nu are loc întîmplător, ci în anumite puncte, denumite centre de sensibilitate. Întrucît acestea au proprietatea de a concentra argintul imaginii latente, ele s-au mai numit şi centre de concentrare.

Centrele de sensibilitate reprezintă discontinuităţi în aşezarea periodică, regulată a ionilor reţelei. Ele sînt constituite din aglomerări mici de atomi de argint sau molecule de sulfură de argint adsorbite pe diferite regiuni ale reţelei. Centrele de sensibilitate apar în grăunţii emulsiei fotografice în timpul preparării acesteia şi în special în procesul de maturaţie chimică.Centrele de sulfură de argint rezultă prin reacţii chimice între combinaţiile cu sulf ale gelatinei şi ionii de argint ai cristalelor aflaţi pe suprafeţele interne sau externe. Centrele de atomi de argint apar tot în procesul de maturaţie chimică a emulsiei prin reducerea ionilor superficiali de argint ai reţelei sub acţiunea impurităţilor active ale gelatinei.

Centrele de sensibilitate nu pot provoca developarea cristalului, ele avînd dimensiuni mai mici decît centrele de imagine latentă. Cînd un centru de sensibilitate creşte mult

Scanned with OKEN Scanner

în dimensiuni (acumulează un număr mare de atomi de argint), el se transformă într-un centru de voal. C e n t r e l e d e v o a l reprezintă aglomerări de atomi de argint care pot provoca developarea grăunţilor de emulsie neexpuşi şi prin aceasta cauzează voalarea stratului fotografic.

Centrele de sensibilitate se formează în acele regiuni ale cristalului care prezintă deformaţii geometrice (crăpături) şi de preferinţă pe suprafeţele externe şi interne.

Grăunţii fotografici care posedă o structură geometrică perfectă nu au tendinţa de a forma centre de sensibilitate şi, ca atare, emulsia fotografică prezintă o sensibilitate foarte redusă.

Dimpotrivă, grăunţii fotografici care conţin un număr mare de centre de sensibilitate sînt mai reactivi, posedă o sensibilitate ridicată.

Un număr apreciabil de centre de imagine latentă developabili se formează numai în acele cristale de halogenură de argint în care preexistă centre de sensibilitate. Centrele de imagine latentă care au o dimensiune suficient de mare pentru a produce developarea cristalului în care sînt conţinute se numesc c e n t r e d e d e v e l o p a r e.

Un număr oarecare de centre care nu ating însă dimensiunea critică a centrelor de developare rămîn nedevelopate.

Relaţia dintre diferitele centre enumerate, centre de sensibilitate, centre de voal, centre de imagine latentă, reiese din schema dată în figura lo. Din această figură rezultă că un centru de sensibilitate se poate transforma în centru de imagine latentă în procesul de formare a imaginii latente. De aceea se spune că centrele de imagine latentă se "localizează" pe centrele de sensibilitate. Anumite centre de sensibilitate, în procesul de maturaţie chimică a emulsiei, pot creşte atingînd dimensiunile unui centru developabil, transformîndu-se astfel în centre de voal. Acestea din urmă sînt nedorite de tehnologia de preparare a emulsiilor fotografice, ducînd la apariţia voalului chimic al emulsiei.

Scanned with OKEN Scanner

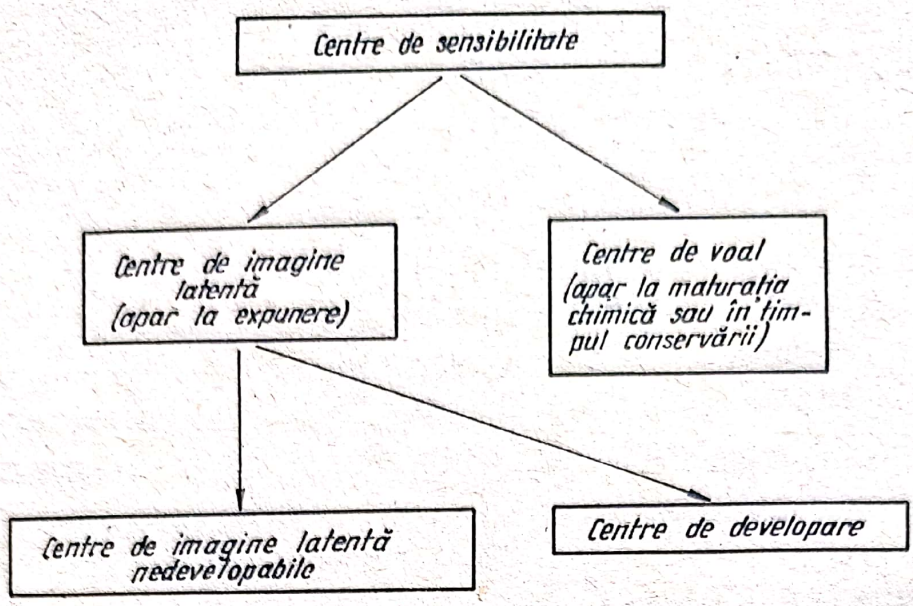



Fig.1o. Relaţia între centrele de sensibilitate, centrele de imagine latentă şi centrele de voal într-un cristal de halogenură de argint.

## 3. Fotoconductibilitatea şi conductibilitatea ionică a cristalelor de halogenură de argint

S-a observat că un cristal de halogenură de argint păstrat în întuneric este un izolator din punct de vedere electric, adică nu conduce curentul electric.

Dacă se expune însă la lumină un asemenea cristal şi în această situaţie se introduce într-un cîmp electric, cristalul devine conductor. Efectul de conductibilitate ce apare în cristal în timpul expunerii la lumină a fost denumit fotoconductibilitate.

Aceasta se datoreşte smulgerii de electroni din cristal de către cuantele de lumină absorbite. Electronii care devin liberi migrează în cristal, putînd fi deplasaţi sub acţiunea unui cîmp electric.

Cristalele reale şi în special cele care formează grăunţii fotografici, în condiţii de echilibru, la temperatura camerei se comportă ca nişte slabi electroliţi (conduc curentul

electric). Această conductibilitate se datorește existenței în rețeaua cristalină a defectelor ionice (noduri libere sau ioni internodali). Întrucît acestea poartă sarcină electrică, ele pot migra (se pot deplasa) în interiorul cristalului sub acțiunea unui cîmp electric.

Locul din care a fost smuls un electron a fost denumit g a u r ă p o z i t i v ă sau d e f e c t e l e c - t r o n i c. Aceasta este încărcată pozitiv și posedă proprietatea, ca și electronul, de a se deplasa de la un ion la altul sub acțiunea unui cîmp electric.

Din categoria defectelor ionice un rol important pentru procesul de formare al imaginii latente la cristalele de bromură de argint îl au ionii interstițiali (internodali)de argint. Ei poartă sarcina pozitivă și condiționează în mare măsură conductibilitatea ionică a acestor cristale. Cu cît temperatura este mai ridicată, cu atît mobilitatea acestor ioni crește.

Un ion internodal se mișcă în cristal, schimbîndu-și locul cu o poziție internodală adiacentă.

Conductibilitatea ionică variază puternic cu temperatura, spre deosebire de fotoconductibilitate, care este practic independentă de temperatură. La temperaturi foarte joase, conductibilitatea ionică devine neglijabilă, spre deosebire de fotoconductibilitate care persistă.

## 4. Absorbția luminii de către o emulsie fotografică

O cuantă de lumină poate produce fotoliza halogenurii de argint numai dacă este absorbită de aceasta.

Lumina sau mai general radiațiile electromagnetice sînt, conform principiilor mecanicii cuantice, un flux de particule elementare numite f o t o n i, animați de viteze mari(în vid aproximativ 300 000 km/s) și care creează în jurul lor un cîmp electromagnetic ce se propagă în spațiu ca o undă, numită u n d ă e l e c t r o m a g n e t i c ă.

Scanned with OKEN Scanner

Mărimile caracteristice radiaţiilor electromagnetice sînt:

- frecvenţa $\nu$ , adică numărul de oscilaţii într-o secundă (1/s sau $s^{-1}$);
- lungimea de undă $\lambda$ , adică distanţa minimă dintre două puncte ale undei electromagnetice, aflate în aceeaşi stare de vibraţie. Se exprimă în unităţi de lungime, ca: km, m, cm, mm, $\mu$ , m$\mu$ , Å (Å = $1o^{-8}$ cm).

Cele două valori sînt legate între ele prin relaţia:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} ,$$

în care:

c este viteza luminii;

- energia fontonului $\varepsilon$ , respectiv a cuantei de lumină;

$\varepsilon = h\nu$ - în care h este cuanta de acţiune a lui Planck ($6,o2.1o^{-27}$ erg.s).

Radiaţiile electromagnetice de diferite frecvenţe (lungimi de undă sau diferite energii) au proprietăţi diferite şi provin din surse diferite (tabela 1). Dintre toate numai cele cuprinse între $\lambda$ = 7 ooo şi 4 ooo Å impresionează ochiul, creînd senzaţia de lumină şi culoare (tabela 2).

Cînd o radiaţie luminoasă $I_o$ cade pe un corp (fig.11), se petrec în general trei fenomene:

- lumina este transmisă $I_t$, fenomen numit t r a n s p a r e n ţ ă (refracţie);
- lumina este reflectată de suprafaţa corpului $I_r$, fenomen numit r e f l e x i e;
- lumina este reţinută de substanţă $I_a$, fenomen numit a b s o r b ţ i e. În procesele fotografice, cel din urmă fenomen determină apariţia imaginii fotografice. Substanţele fotosensibile, ca, de altfel, marea majoritate a substanţelor, absorb diferit radiaţiile luminoase de diferite lungimi de undă. Absorbţia luminii se determină practic şi se reprezintă de obicei prin curbe de absorbţie.

Absorbţia luminii de către halogenurile de argint se poate reprezenta grafic printr-o curbă care scade treptat spre lungimi de undă mai mari în vizibil. Curba de absorbţie a

Tabela 1

## Spectrul undelor electromagnetice

| Lungimea de undă | Felul radiaţiei electromagnetice | | Sediul undelor electromagnetice |
|---|---|---|---|
| 10 km - 1 km<br>1 km - 100 m<br>100 m - 10 m<br>10 m - 1 m<br>1 m - 1 mm<br>1 mm - 100 $\mu$ | Înaltă frecvenţă tehnică | Unde lungi<br>Unde medii<br>Unde scurte<br>Unde ultrascurte<br>Microunde | Mişcarea moleculelor (translaţie şi rotaţie )şi a atomilor din molecule (vibraţie) |
| 10 $m\mu$ - 800 $m\mu$ | Radiaţii infraroşii (i.r) | Radiaţii termice | Salturile electronilor de pe straturile exterioare |
| 700 $m\mu$ - 400 $m\mu$ | Radiaţii vizibile (lumina vizibilă) | | |
| 400 $m\mu$ - 10 $m\mu$ | Radiaţii ultraviolete (u.v.) | | |
| 10 $m\mu$ - 1 Å$\mu$ | Radiaţii Roentgen (raze X) | | Salturile electronilor din straturile interioare |
| 1 Å - 0,01 Å | Radiaţii $\gamma$ (gamma) | | Procese nucleare |



Scanned with OKEN Scanner

Tabela 2

Spectrul luminii vizibile

| Culoare | Lungimea de undă specifică fiecărei culori Å |
|---|---|
| Ultraviolet | 1 ooo - 4 ooo |
| Violet | 4 1oo |
| Indigo | 4 5oo |
| Albastru | 4 7oo |
| Verde | 5 2oo |
| Galben | 5 8oo |
| Portocaliu | 6 ooo |
| Roşu | 6 5oo |
| Infraroşu | 8 ooo |

bromurii de argint este reprezentată în figura 12 şi prezintă un maxim de absorbţie şi în spectrul vizibil, între 36o şi 46o $m_\mu$ . O absorbţie similară a luminii se observă în cazul

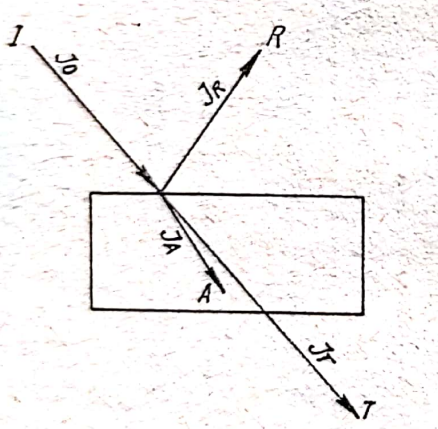



Fig.11. Bilanţul luminii incidente pe un corp.

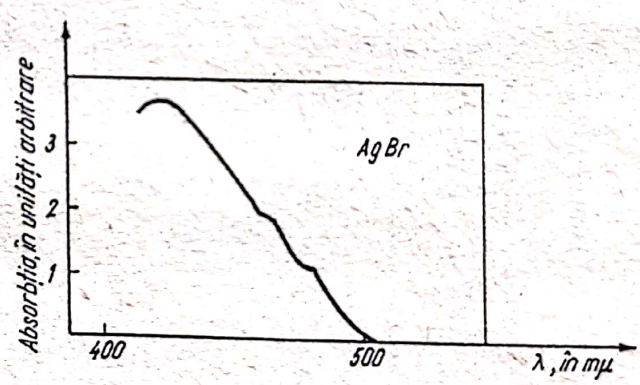



Fig.12. Curba de absorbţie a bromurii de argint.

emulsiilor fotografice, cu deosebire că aici poziţia maximului este mai puţin reproductibilă, iar limita regiunii de absorbţie se întinde mai mult spre lungimi de undă mai mari. Pentru a sensibiliza o emulsie fotografică în acele regiuni, ale spectrului vizibil în care bromura de argint nu absoarbe lumina (în regiunile galben, verde şi roşu) trebuie să se in-

troducă în emulsia fotografică a substanţei sensibilizatoare, denumită s e n s i b i l i z a t o r o p t i c. Aceasta are proprietatea de a absorbi lumina în acele domenii spectrale în care emulsia fotografică nu este sensibilă. După cum rezultă din figura 13, absorbţia emulsiilor fotografice nesensibilizate optic prezintă un maxim pronunţat pentru 460 mμ, deci în regiunea albastru- violet a spectrului vizibil. Alura absorbţiei la lungimi mari de undă depinde de modul de preparare a emulsiei,de tratamentele termice utilizate şi de vîrsta emulsiei. La emulsiile mai vechi, maximul curbei de sensibilitate se deplasează spre lungimi de undă mai mari.

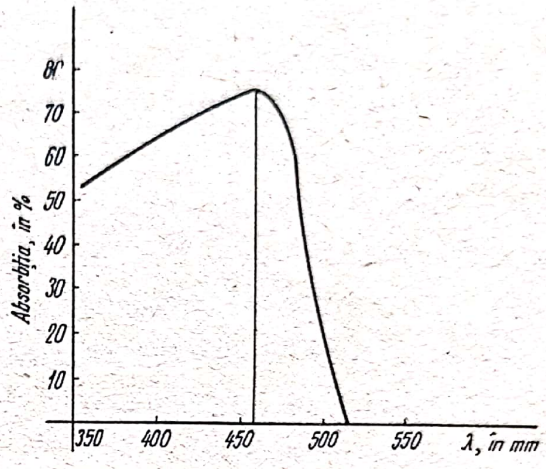



Fig.13. Curba de absorbţie a unei emulsii fotografice.

Din curba de absorbţie reprezentată rezultă însă că absorbţia luminii de către o emulsie fotografică nesensibilizată optic se situează în extremitatea de lungimi de undă mici a spectrului vizibil, în albastru şi violet. Emulsia fotografică sensibilizată optic nu este practic sensibilă la radiaţiile verzi-galbene, galbene şi roşii ale spectrului.

Rezultă că emulsia fotografică nesensibilizată optic este sensibilă într-o regiune relativ restrînsă a spectrului vizibil, şi anume în intervalul de lungimi de undă de 4oo--5oo mμ.

## 5. Teoria lui Gurney şi Mott asupra formării imaginii latente

Procesul de formare a imaginii latente este condiţionat de structura internă a cristalului de halogenură de argint şi de procesele electronice şi ionice care au loc aici sub acţiunea luminii.

S-au elaborat numeroase teorii asupra formării imaginii fotografice latente. Aceea care a reuşit să se impună prin rigurozitatea ei şi buna concordanţă cu faptele experimentale este teoria lui Gurney şi Mott, unanim acceptată astăzi cu unele completări.

Teoria lui Gurney şi Mott a fost elaborată de autorii al căror nume îl poartă, în 1938, şi are o bogată fundamentare teoretică şi experimentală. Ea se bazează pe următoarele considerente:

- existenţa în cristalele de halogenură de argint înainte de expunere a centrelor de sensibilitate;
- apariţia fenomenelor de fotoconductibilitate şi conductibilitate ionică.

Conform acestei teorii, procesul de formare a imaginii latente are loc în două faze: electronică şi ionică (fig.14).

<u>Faza electronică</u> constă din următoarele:

În timpul expunerii, sub acţiunea cuantelor de lumină ce posedă fiecare o anumită energie, determinată de lungimea

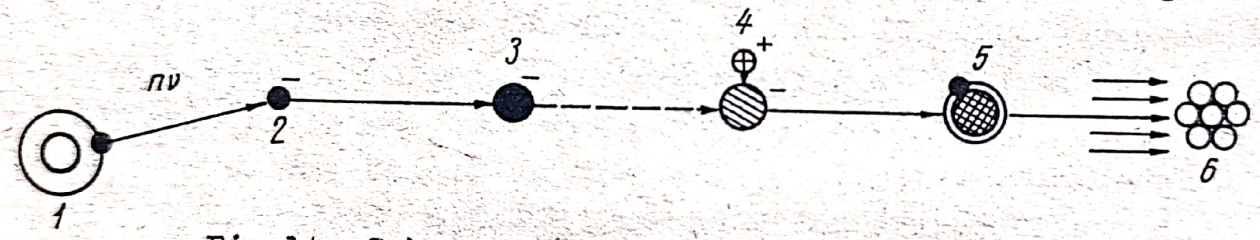



Fig.14. Schema de formare a imaginii latente.

sa de undă, sînt smulşi electroni de la ionii de brom ai cristalului. Aceştia sînt în cazul cel mai frecvent electronii de valenţă ai ionilor de brom care sînt cel mai slab legaţi de cristal. Pentru a se realiza acest lucru este necesar ca cuanta de lumină a radiaţiei incidente să posede o energie cel puţin egală cu energia de legătură a ionului de brom din cristal. O asemenea energie corespunde unei cuante situate în domeniul albastru-violet al spectrului vizibil. Cuantele de lumină cu energii mai mici, care corespund radiaţiilor de lungimi mai mari de undă (verde-galben, galben, roşu), neîndeplinind condiţia menţionată, nu pot provoca fotoliza halogenurii de argint nesensibilizată optic.

Electronii smulşi de cuanta de lumină devin liberi şi migrează în cristal 2 în virtutea energiei cinetice care le-a fost imprimată, pînă cînd vor fi captaţi pe anumite regiuni ale cristalului, acolo unde există centre de sensibilitate. Centrul de sensibilitate care a captat un electron se încarcă negativ 3 , creînd în jurul său un cîmp electric. Cu aceasta se încheie stadiul electronic al procesului.

Faza ionică se desfăşoară conform teoriei lui Gurney şi Mott ulterior fazei electronice. Centrul încărcat negativ reprezintă un loc de atracţie pentru sarcinile pozitive libere din cristal. Pe el nu se va putea fixa un nou electron înainte ca sarcina sa negativă să fi fost neutralizată. El atrage însă în cîmpul său un ion internodal de argint 4, neutralizîndu-se. În acest fel, pe centrul respectiv va apărea un atom de argint 5. Ulterior, el poate capta din nou un electron şi apoi un alt ion internodal de argint, ceea ce duce la apariţia unui al doilea atom de argint.

Prin repetarea acestor două procese de un număr mare de ori, centrul creşte în dimensiune, acumulînd un număr relativ ridicat de atomi de argint (zeci, sute sau mii) 6. El devine astfel centru de imagine latentă, care poate servi ulterior drept centru de developare.

Ionii de brom care au pierdut un electron se transformă în atomi de brom. Ei migrează spre suprafaţa cristalului de halogenură de argint, fiind captaţi în exterior de gelatina emulsiei fotografice, care joacă rolul aici de acceptor de brom.

În realitate nu are loc o deplasare a unui atom de brom, ci a găurilor pozitive formate prin smulgerea de electroni de către cuantele de lumină. Migrarea unei găuri pozitive spre suprafaţa cristalului se realizează prin schimbarea locului său cu un electron situat pe acelaşi nivel energetic, la un ion de brom adiacent.

Cu aceasta, procesul de formare a imaginii latente se încheie.

Scanned with OKEN Scanner

Teoria lui Gurney şi Mott asupra formării imaginii latente a reuşit să explice în mod satisfăcător o serie de probleme, şi anume:

- randamentul scăzut de formare a imaginii latente la temperaturi joase (sub -100°C);
- comportarea emulsiilor fotografice la iradieri foarte intense şi de scurtă durată sau iradieri slabe şi de lungă durată, cînd apar abateri de la legea reciprocităţii;
- existenţa efectelor fotografice.

Ulterior, teoriei lui Gurney şi Mott i s-au adus unele îmbunătăţiri. Elemente noi de importanţă deosebită au fost introduse de J.W.Mitchell (1957), care a prezentat importanţa defectelor geometrice ale reţelei, denumite d i s l o c a ţ i i, arătînd că în aceste regiuni se localizează procesul de formare a centrelor de imagine latentă. Totodată, prezintă mai pe larg rolul jucat de sulfura de argint a centrelor de sensibilitate în procesul de formare a imaginii latente. Scoţînd în evidenţă faptul că concentraţia ionilor interstiţiali de argint preexistenţi în cristal este insuficientă, Mitchell propune un mecanism de formare a acestora prin reacţii secundare chiar în timpul procesului de formare a imaginii latente.

Mitchell presupune că sulfura de argint care constituie centrele de sensibilitate se găseşte absorbită pe liniile de dislocaţie ale cristalului; în procesul de formare a imaginii latente, ea joacă rolul de acceptor de găuri pozitive şi nu de electroni, cum se postulează în teoria lui Gurney şi Mott. Conform ideilor lui Mitchell, captarea găurii pozitive precede captarea electronului. El presupune că aceasta este necesar pentru a se împiedica posibilitatea recombinării electronilor eliberaţi de cuantele absorbite, cu găurile pozitive rezultate, posibilitate care nu este exclusă prin teoria lui Mott.

De asemenea, conform teoriei lui Mitchell, stadiul ionic precede stadiul electronic, iar formarea unui centru de imagine latentă stabil implică parcurgerea a trei etape intermediare: formarea unui centru de preimagine, a unui centru

de subimagine şi a unui centru de imagine latentă stabil, format din cel puţin patru atomi de argint. Acesta din urmă poate apoi să crească în timpul procesului de formare a imaginii latente, prin adăugarea de atomi de argint, la un centru de imagine latentă developabil.

Teoria lui Mithcell n-a fost verificată de experienţe ulterioare în toate punctele sale. A fost pus la îndoială rolul sulfurii de argint ca acceptor de găuri pozitive. A fost infirmată ipoteza asupra probabilităţii ridicate de recombinare a electronilor cu găurile pozitive.

Conform concepţiilor celor mai noi asupra formării imaginii latente, din teoria lui Mitchell a fost reţinut rolul important jucat de dizlocaţii în procesul de formare a centrelor de sensibilitate şi de localizare a centrelor de imagine latentă. Se acceptă de asemenea faptul că nu numai ionii internodali de argint sînt utilizaţi în exclusivitate în procesul de formare a imaginii latente, ci şi alţi ioni de argint, eventual aceia care ocupă poziţii nodale distorsionate, aşezaţi pe suprafeţe interne sau externe ale cristalului.

Numeroşi autori au arătat că formarea centrelor de imagine latentă de dimensiuni mai mari, developabile, are loc în două etape principale. În prima etapă se formează centre de dimensiuni foarte mici, nedevelopabile şi instabile în timp, denumite s u b g e r m e n i sau s u b c e n t r e d e i m a g i n e l a t e n t ă, iar în a doua etapă se formează c e n t r e l e p r o p r i u - z i s e de imagine latentă.

Conform concepţiilor actuale asupra procesului de formare a imaginii latente se acceptă că teoria lui Gurney şi Mott, în trăsăturile sale generale, reprezintă satisfăcător procesul de formare a imaginii latente , cu completările prezentate mai sus.

## B. Proprietăţile imaginii latente

### 1. Dispersia şi distribuţia centrelor de imagine latentă

Centrele de imagine latentă formate în diverse condiţii de expunere diferă între ele. Studiul proprietăţilor acestora impune analizarea lor din două puncte de vedere:

- al gradului de dispersie (de împrăştiere) al centrelor în interiorul grăuntelui;
- al topografiei centrelor, adică al modului lor de distribuţie în raport cu volumul grăuntelui.

Gradul de dispersie şi distribuţia centrelor de imagine latentă în volumul cristalului depinde de distribuţia iniţială a centrelor de sensibilitate, de natura acestora şi de intensitatea iradierii.

Gradul de dispersie al imaginii latente este determinat de dimensiunea medie a centrelor. Gradul de dispersie al imaginii este cu atît mai ridicat, cu cît centrele de imagine latentă sînt de dimensiuni mai mici (conţin un număr mai mic de atomi de argint).

Microfotografiile obţinute la microscopul electronic au arătat că centrele de imagine latentă formate sub acţiunea iradierilor intense şi de scurtă durată au un grad de dispersie mai ridicat (sînt de dimensiuni mai mici) decît cele care corespund expunerilor lungi şi de intensitate joasă. În acest din urmă caz se formează centre mari şi în număr mai redus, argintul fotolitic fiind mai concentrat din punctul de vedere al modului de repartizare.

Luarea în considerare a gradului de dispersie al imaginii latente a permis o bună explicare a abaterilor de la reciprocitate, precum şi a efectelor fotografice.

### 2. Subcentre şi centre de imagine latentă

După unele concepţii mai vechi se consideră că toate centrele de imagine latentă, indiferent de cantitatea de ar-

gint fotolitic pe care o conţin, pot produce developarea grăunţilor fotografici. Ulterior s-a constatat că o parte însemnată din argintul fotolitic nu participă la developare, şi anume cel care este constituit în centre mici ce nu pot iniţia developarea. Se pot developa numai acele centre care au depăşit o dimensiune critică şi conţin cel puţin un număr minim de atomi de argint. Dimensiunea critică a centrelor de developare este o mărime relativă ce depinde de activitatea revelatorului şi poate varia de la un caz la altul.

Centrele nedevelopabile se mai numesc şi subcentre de imagine. Acestea, crescînd în dimensiuni prin adăugarea de noi atomi de argint, se pot transforma în centre de imagine developabile.

În cazul iluminărilor scurte şi de intensitate mare se formează un număr mare de subcentre nedevelopabile.

## 3. Topografia centrelor de imagine latentă

Imaginea latentă se poate forma atît în interiorul grăuntelui fotografic cît şi la suprafaţa sa. Imaginea superficială predomină în cazul expunerilor lungi şi de intensitate joasă, iar imaginea internă are o importanţă mai mare la expunerile scurte şi de intensitate ridicată.

La expunerile uzuale folosite în fotografie, imaginea superficială predomină. La o developare cu un revelator obişnuit, care are o acţiune uşor solvatantă asupra cristalului de halogenură de argint, datorită conţinutului său în sulfit de sodiu, se developează în totalitate imaginea superficială şi în mare măsură imaginea internă. Un asemenea revelator se numeşte revelator total.

Cele două feluri de imagine se pot pune în evidenţă folosind o developare discriminatorie, după cum urmează:

Imaginea superficială se poate developa în exclusivitate folosind un revelator nesolvatant care conţine, în loc de sulfit de sodiu, acid ascorbic.

Scanned with OKEN Scanner

Imaginea internă se developează în exclusivitate, cu ajutorul unui revelator total solvatant, după ce s-a dizolvat în prealabil imaginea superficială cu o soluţie slabă (5-10%) de acid cromic.

Imaginea internă necesită expuneri mai puternice (la intensităţi mai ridicate) decît imaginea superficială. Ea apare cu preponderenţă la iradierile intense şi de durată scurtă.

Distribuţia imaginii latente în adîncimea grăuntelui fotografic nu depinde de lungimea de undă a radiaţiei incidente.

Pentru o înţelegere mai bună a repartiţiei topografice a imaginii latente este necesar să se ţină seamă şi de repartiţia centrelor de sensibilitate din interiorul cristalului. Acestea avînd densitatea cea mai mare în regiunile superficiale ale cristalului, rezultă că imaginea latentă superficială are o probabilitate mai mare de formare.

## 4. Evoluţia şi regresia imaginii latente

După formarea sa, imaginea latentă suferă o serie de transformări. Înnegrirea obţinută pe acelaşi strat, în aceleaşi condiţii de iluminare, diferă dacă prelucrarea s-a efectuat la intervale diferite de timp după expunere. Schimbările obţinute depind de caracteristicile iniţiale ale centrelor de developare.

Transformările suferite de imaginea latentă în timp sînt de două categorii:

- o evoluţie rapidă care constă dintr-o regrupare a centrelor imediat după formarea lor;
- o regresie şi o ştergere lentă a imaginii latente în timp.

Regruparea imaginii latente constă în faptul că centrele de dimensiuni foarte mici, instabile în timp, se dizolvă, iar centrele mai mari cresc în dimensiuni. Ca urmare a acestui proces, în primele minute după expunere, imaginea developată creşte în densitate.

Scanned with OKEN Scanner

Fenomenul de regresie reprezintă procesul de slăbire în timp a imaginii latente şi se observă în cazul unei păstrări de durată mai lungă a unui strat iradiat.

Regresia imaginii latente este mai importantă la emulsiile de granulaţie mai fină şi mai puţin sensibile.

Rezultatele experimentale au demonstrat că fenomenul de regresie poate fi asimilat cu un proces de oxidare a centrelor de imagine latentă, prin pierdere de electroni:

$$\underset{\text{(imagine)}}{nAg} \longrightarrow Ag_{n-1}Ag^{+} + e^{-} \longrightarrow (n-1)Ag + Ag^{+} + e^{-}$$

Prin pierdere de electroni, centrul de imagine latentă scade în dimensiuni, adică îşi micşorează numărul de atomi de argint, mergînd pînă la dispariţia sa completă.

Un centru de imagine latentă este cu atît mai instabil în timp, cu cît dimensiunile sale sînt mai mici. Dispar mai întîi centrele care conţin un număr mai mic de atomi de argint, în timp ce centrele mai mari îşi reduc dimensiunile. Fenomenul de regresie este puternic influenţat de temperatură. Viteza de regresie creşte cu ridicarea temperaturii şi cu gradul de dispersie al centrelor de imagine latentă. Ea este influenţată puternic şi de condiţiile mediului ambiant.

Prezenţa oxidanţilor, creşterea concentraţiei de ioni de hidrogen ai mediului, ridicarea gradului de umiditate accelerează regresia.

Regresia imaginii poate fi frînată sau redusă simţitor în timpul păstrării straturilor neprelucrate prin menţinerea acestora într-o atmosferă uscată, la rece sau în prezenţa unui gaz inert.

Apariţia fenomenului de regresie limitează posibilităţile de conservare a unui material expus înainte de a fi developat. Acest fenomen, împreună cu creşterea voalului emulsiei prin păstrare, constituie cauzele principale pentru care o imagine developată la un interval foarte lung după expunere pierde mult din claritate, slăbeşte sau dispare complet.

Scanned with OKEN Scanner

## C. Factori care modifică procesul fotografic

### 1. Abaterile de la reciprocitate

Transformările chimice care se produc sub acţiunea cuantelor de lumină se numesc p r o c e s e sau r e a c ţ i i f o t o c h i m i c e. Acestea au constituit obiectul multor studii prin care s-au stabilit o serie de legi importante care guvernează aceste reacţii.

Procesele fotochimice sînt provocate numai de acei fotoni care se absorb de către substanţă. Acest lucru este stabilit prin legea lui Grottus şi Draper şi este prima lege a proceselor fotochimice, fiind o lege cali.ativă.

Aspectele cantitative ale proceselor fotochimice sînt descrise de l e g e a r e c i p r o c i t ă ţ i i a lui Bunzen şi Roscoe - legea de bază a fotochimiei şi de l e g e a e c h i v a l e n ţ e i a lui Albert Einstein. Cea din urmă a permis explicarea mecanismului reacţiilor fotochimice. Legea lui Einstein explică interacţiunea dintre fotoni şi substanţe prin prisma mecanicii cuantice. Conform acestei legi, fiecare cuantă de lumină absorbită de substanţa fotosensibil provoacă transformarea fotochimică a unei particule de substanţă.

Dacă $\varepsilon$ este energia unei cuante absorbite ( $\varepsilon = h\nu$), atunci energia luminoasă totală absorbită E este:

$$E = n\varepsilon = \Omega h\nu ,$$

în care n este numărul de cuante absorbite care este egal, teoretic, conform legii lui A.Einstein, cu numărul de particule transformate $n_p$. Din relaţia de mai sus rezultă că $n = \frac{E}{h\nu}$. De multe ori, în practică, numărul de particule transformate este mai mic sau mai mare decît cel calculat din legea lui Einstein, adică raportul $\frac{n_p}{n} \gtrless 1$; de aceea s-a introdus termenul de randament cuantic $\varphi$ :

$$\varphi = \frac{\text{numărul de molecule transformate}}{\text{numărul de cuante absorbite}} = \frac{n_p}{n}.$$

Cercetînd cauzele abaterilor de la legea echivalenţei s-a putut descifra mecanismul reacţiilor fotochimice şi s-a găsit că abaterile se datoresc suprapunerii a două procese ce decurg concomitent, şi anume a procesului fotochimic propriu-zis (p r o c e s p r i m a r) şi care se supune legii lui Einstein şi a unor procese secundare numite r e a c ţ i i s e c u n d a r e, care decurg între produşii reacţiei primare, modificîndu-i rezultatul. Aceste reacţii secundare sînt reacţii chimice obişnuite care nu sînt influenţate de cuantele de lumină absorbite, şi deci nu se supun legii lui Einstein.

Rezultatul final depinde de ambele procese. De exemplu, în reacţia de fotoliză a AgBr (reacţia de bază a proceselor fotografice):

$$AgBr + h\nu = Ag + 1/2\ Br_2$$

randamentul cuantic $\varphi = 1$; dar dacă bromul care se degajă nu este îndepărtat din preajma argintului sau captat de vreo altă substanţă, se produce o reacţie secundară de rebromurare a argintului:

$$Ag + Br = AgBr$$

care modifică, micşorează, randamentul cuantic al reacţiei. Astfel se pot explica cu ajutorul legii lui Einstein abaterile de la reciprocitate a proceselor fotografice .Pentru a micşora aceste abateri se adaugă de obicei în emulsiile fotografice o substanţă (gelatina) care reacţionează cu bromul (se bromurează dînd brom-gelatina), împiedicînd rebromurarea argintului.

Din punctul de vedere al teoriei lui Einstein, reacţia de fotoliză a bromurii de argint se poate desface în următoarele trei procese:

$$\left.\begin{aligned} Br^- + h\nu &= Br + e \\ Ag^+ + e &= Ag \\ 2Br &= Br_2 \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} &\text{(reacţie primară-fotochimică)} \\ &\\ &\text{(reacţii secundare chimice)} \end{aligned}$$

Observaţie. Prin f o t o l i z ă se denumesc reacţiile de descompunere a substanţelor care se produc sub acţiunea cuantelor de lumină.

Relaţia dintre cantitatea de energie luminoasă iradiată (I·t, în care I este intensitatea luminii şi t- timpul de iradiere), şi cantitatea de substanţă formată sau transformată într-o reacţie fotochimică Q este dată de legea reciprocităţii (legea lui Bunzen şi Roscoe). Această lege stabileşte că produsul unei reacţii fotochimice (cantitatea de substanţă reacţionată) este proporţională cu cantitatea de energie luminoasă absorbită:

$$Q = kIt,$$

unde:

Q este cantitatea de substanţă reacţionată;
k - constanta de proporţionalitate;
I - iluminarea (intensitatea luminii);
t - timpul de iradiere.

Produsul It se numeşte în fotografie e x p u n e r e.

Legea de mai sus este cunoscută în fotografie sub denumirea de legea r e c i p r o c i t ă ţ i i sau a i n t e r d e p e n d e n ţ e i. Ea exprimă faptul că acţiunea fotochimică a luminii asupra unui strat fotosensibil trebuie să fie aceeaşi cînd expunerea este constantă, adică:

$$I_1 t_1 = I_2 t_2 = \ldots I_i t_i = \text{const.}$$

Respectiv, dacă produsul dintre I şi t este constant, efectul fotochimic trebuie să fie acelaşi, independent de valorile particulare ale lui I şi t.

În realitate s-a observat o serie de abateri de la această lege. Aceste abateri s-au denumit în literatura de specialitate abateri de la legea reciprocităţii. Ele au fost puse în evidenţă pentru prima dată în cazul iradierilor foarte slabe şi de lungă durată. Ele au fost observate apoi şi pentru cazul iradierilor intense şi de durată scurtă. Şi într-un caz şi în celălalt, efectul fotografic obţinut este mai mic decît cel care rezultă în cazul expunerilor cu aceeaşi

valoare a produsului It corespunzător unor intensităţi şi durate medii de iluminare.

Constanţa produsului dintre iluminare şi timpul de iradiere se respectă pentru durate de expuneri de ordinul $t = 1o^{-2}s$. Valorile lui I şi t care corespund acestei situaţii se numesc condiţii de optim sau condiţii optime de expunere. În afara domeniului de optim apar abateri de la reciprocitate şi efectul fotografic se exprimă în mod aproximativ prin relaţia:

$$I\ t^{0,8} = \text{const.}$$

Abaterile de la reciprocitate se redau grafic prin curbe de densitate constantă denumite izoopace, reprezentate în coordonate lg I t şi lg t (sau lg I), după cum rezultă din figura 15. Izoopacele reprezintă deci dependenţa logaritmului expunerii (It) necesară pentru a obţine o imagine dată, în funcţie de logaritmul iluminării sau al timpului de expunere.

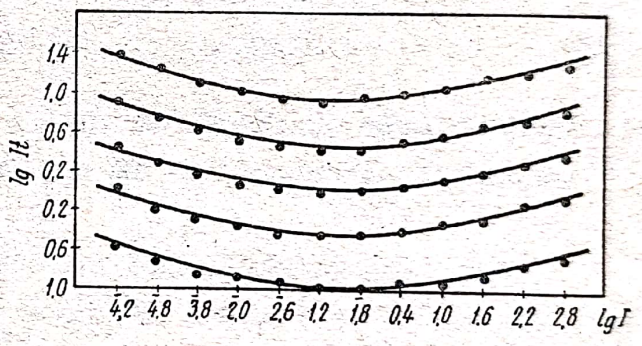



Fig.15.Curba de densitate constantă (izoopace) care pune în evidenţă abaterile de la reciprocitate.

Din figura 15 reiese că izoopacele prezintă o regiune paralelă cu axa absciselor pentru expuneri cu o durată de ordinul $1o^{-2}$ s care corespunde condiţiilor de optim, pentru care legea reciprocităţii este respectată.

Pentru durate ale expunerii în afara acestui domeniu apar abateri de la reciprocitate puse în evidenţă prin porţiunile curbate ale izoopacelor. În aceste cazuri, pentru a obţine aceeaşi densitate de înnegrire ca şi în condiţiile de optim ale izoopacei, expunerea trebuie să fie superioară.

O influenţă importantă asupra formei izoopacelor o are natura emulsiei (modul său de preparare, de sensibilizare chimică) şi intensitatea de developare.

Creşterea duratei de developare duce la o scădere a abaterilor de la reciprocitate.

Abaterile de la reciprocitate se pot explica pe baza teoriei lui Gurney şi Mott asupra formării imaginii latente.

Abaterile de la reciprocitate la intensităţi mari de iradiere se datoresc diferenţei de viteză între durata celor două stadii, electronic şi ionic. Aici, stadiul electronic durează mult mai puţin decît stadiul ionic. Ca rezultat se formează un mare număr de centre de subimagine, nedevelopabile.

Abaterile de la reciprocitate în cazul expunerilor de intensitate joasă şi durată lungă se explică prin faptul că în aceste cazuri este favorizată aglomerarea argintului fotolitic în centre de imagine latentă de dimensiuni foarte mari, dar în număr redus.

## 2. Modificarea abaterilor de la reciprocitate în cazul expunerilor în mai multe trepte (intermitente)

Densitatea obţinută printr-o expunere dată într-un număr oarecare de trepte (intermitentă) este diferită de aceea obţinută în cazul unei expuneri continue de valoare egală. Experienţele au arătat că expunerea intermitentă dă un efect fotografic mai slab decît o expunere continuă de valoare egală. Efectul fotografic al unei expuneri intermitente este apropiat de al unei expuneri continue numai pentru un timp lung de expunere, în cazul unui număr mare de întreruperi.

Pe de altă parte s-a arătat că la expuneri de intensitate ridicată, iluminarea intermitentă dă un efect fotografic mai intens, este deci mai eficientă decît o expunere continuă de aceeaşi valoare.

Comparîndu-se efectul expunerilor intermitente şi continue la aceleaşi intensităţi medii, s-a arătat că efectul de intermitenţă nu este un fenomen independent, ci o manifestare a abaterilor de la reciprocitate. Efectul fotogra-

fic al unei expuneri intermitente devine egal cu al unei expuneri continue de aceeaşi valoare, cînd frecvenţa întreruperilor este foarte mare, şi anume apropiată de frecvenţa de incidenţă a cuantelor de lumină cu emulsia fotografică.

De interes pentru practică sînt expunerile în două trepte la intensităţi diferite de expunere care modifică abaterile de la reciprocitate pentru o expunere continuă.

## 3. Fenomenul de solarizare

Dacă un strat fotografic este supus unor expuneri crescătoare, densitatea creşte în mod continuu pînă la o anumită limită, după care începe să scadă cu creşterea expunerii.

Acest fenomen este cunoscut sub denumirea de e f e c t d e s o l a r i z a r e. El apare la expuneri care depăşesc de multe ori (zeci şi sute de ori) expunerile normale folosite în fotografie.

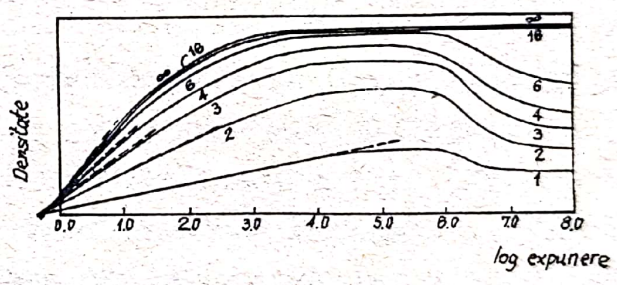



Fig.16. Influenţa duratei de developare asupra solarizării.

Efectul de solarizare prezintă forme variate, în funcţie de felul emulsiei şi condiţiile de developare.

În majoritatea cazurilor, printr-o supradevelopare, efectul de solarizare este mult mai redus sau chiar suprimat. Acest lucru rezultă din figura 16, unde se reprezintă influenţa duratei developării asupra solarizării. Se observă că la o developare de 4 min, curba de sensibilitate prezintă efectul tipic de solarizare. Peste o durată de developare de 30 min, densitatea imaginii creşte puternic şi efectul de solarizare practic dispare.

Apariţia efectului de solarizare depinde în mare măsură de compoziţia chimică a emulsiei. Emulsiile de iodură de argint se solarizează mai uşor (la valori mai mici ale

expunerii) decît emulsiile obişnuite, pe cînd emulsiile fotografice pe bază de clorură de argint nu prezintă efectul de solarizare. Efectul de solarizare mai este influenţat de grosimea şi natura suportului.

Se presupune că efectul de solarizare se datoreşte unei rebromurări a imaginii latente superficiale, fenomen care are loc la expuneri foarte mari. Se înţelege că, în acest caz, atomii de brom eliberaţi prin fotoliză într-o cantitate excesiv de mare nu mai pot fi captaţi în mediul exterior ce înconjură grăunţii fotografici, respectiv de către gelatină. Ei se vor combina cu argintul fotolitic al centrelor de imagine latentă superficiali şi, rebromurîndu-i pe aceştia, îi distruge. Din acest motiv, solarizarea poate duce la o inversare a imaginii. Aceasta înseamnă că la expuneri excesiv de mari, la o solarizare înaintată, după developare se obţine o imagine pozitivă în locul unei imagini negative.

## 4. Efecte fotografice

Într-o serie de cazuri cînd stratul fotografic se expune succesiv la două iluminări de lungimi de undă diferite apar o serie de fenomene care se abat de la procesul normal al formării imaginii fotografice. Aceste fenomene care prezintă în cele mai multe cazuri aspecte particulare au fost denumite **efecte fotografice**.

Se cunosc numeroase efecte fotografice care au fost denumite în general după numele descoperitorului.

Cel mai important efect fotografic este **efectul Herschel**. Fenomenul Herschel a fost observat încă la începuturile fotografiei de către descoperitorul său, astronomul Herschel, în anul 1840. Înregistrînd pe o hîrtie fotografică de clorură de argint prin înnegrire directă spectrul solar, el a observat că regiunea pe care au acţionat radiaţiile roşii era mai puţin înnegrită decît regiunile vecine. Actualmente, prin efectul Herschel se denumeşte slăbirea imaginii latente sub acţiunea radiaţiilor roşii şi infraroşii cu lungimi de undă situate între 550 şi 950 m $\mu$. Aceasta re-

prezintă o scădere a densităţii imaginii care se observă la straturile fotografice care au fost supuse între expunerea principală şi developare la acţiunea radiaţiilor roşii cu o anumită lungime de undă. Efectul Herschel poate apărea menţinînd un strat fotografic expus un timp mai lung (cîteva ore sau zile) în camera fotografică, sub o lampă cu filtru roşu.

Efectul Herschel se datoreşte unei absorbţii secundare în stratul fotografic al radiaţiilor roşii, care în mod obişnuit nu se absorb de către o emulsie fotografică nesensibilizată optic. Această absorbţie, atribuită particulelor coloidale prezente în stratul de emulsie ce posedă o imagine fotografică, prezintă un maxim de absorbţie pentru radiaţiile cu $\lambda$ = 640 m$\mu$ (fig.17).

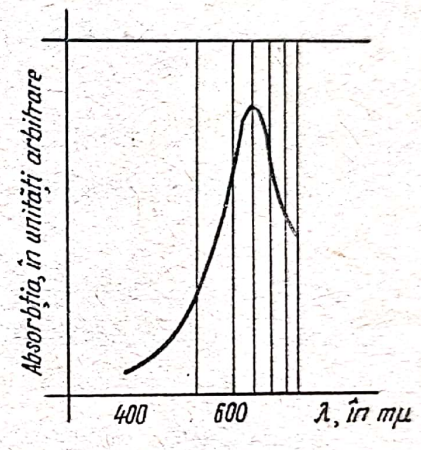



Fig.17. Absorbţia radiaţiilor roşii ce cauzează apariţia efectului Herschel.

Efectul Herschel este influenţat de o serie de factori, dintre care cel mai important este developarea. Folosind un revelator puternic cu o acţiune prelungită, efectul Herschel se diminuează.

Conform teoriei lui Gurney şi Mott asupra formării imaginii latente, efectul Herschel a fost explicat ca un proces de redistribuire a centrelor de imagine latentă sub acţiunea radiaţiilor roşii. Radiaţiile roşii sînt adsorbite de argintul fotolitic al imaginii latente, provocînd eliberarea de electroni de la acesta. Prin repetarea acestui proces de un mare număr de ori, centrul îşi reduce dimensiunea sau poate să dispară.

Efectul Herschel constă de fapt într-o transferare a imaginii latente superficiale spre interiorul cristalului.

Prin acţiunea cuantelor luminii roşii, imaginea superficială este distrusă (regresează), iar ionii de argint eli-

berați sînt captați în interiorul cristalului, unde formează noi centre de imagine.

În afară de efectul Herschel, se mai cunosc o serie de alte efecte, ca: Sabattier, Bekerel, Glayden, Vilard etc.,de importanță mai redusă pentru practică. Unele efecte fotografice se folosesc uneori în practica fotografică pentru obținerea anumitor efecte artistice.

## Capitolul III

## SENSIBILIZAREA OPTICA

### Principiul și tehnica sensibilizării optice

#### 1. Sensibilitatea spectrală a emulsiilor fotografice nesensibilizate

Emulsiile fotografice care conțin pe lîngă AgBr și mici cantități de AgI prezintă o tendință de extindere a sensibilității spre lungimi de undă ceva mai mari față de bromura de argint pură.Sensibilitatea crește spre lungimi de undă mai mari cu creșterea proporției de AgI. În toate cazurile, emulsia fotografică care conține AgBr și un mic adaos de AgI prezintă un maxim de sensibilitate cuprins între 450 și 480 mμ, după cum rezultă din figura 18. Din figură reiese că domeniul de sensibilitate spectrală a emulsiei fotografice coincide

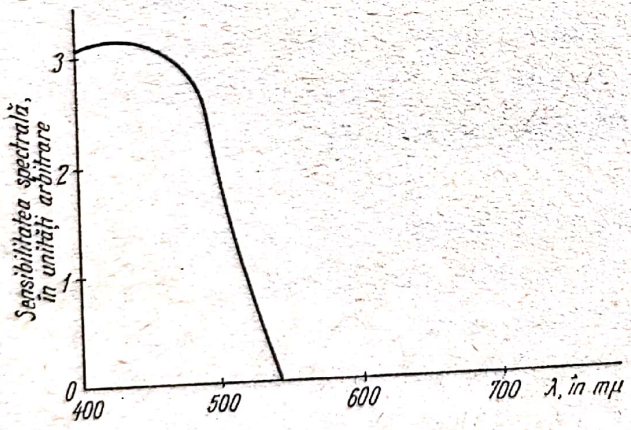



Fig.18. Curba sensibilității spectrale a emulsiilor fotografice.

destul de bine cu domeniul de absorbţie spectrală (redată în fig.13).

Deci, o emulsie fotografică nesensibilizată optic nu este sensibilă decît într-un domeniu limitat al spectrului vizibil, şi anume albastru şi violet. Ea nu este sensibilă la radiaţiile roşu, galben sau verde, decît în cazul cînd conţine anumite impurităţi care absorb lumina în această regiune a spectrului.

## 2. Principiul sensibilizării optice

Emulsiile fotografice pot fi sensibilizate şi pentru radiaţiile cu lungimi de undă mai mari decît cele care corespund sensibilităţii proprii a AgBr, prin metoda sensibilizării optice.

Spre deosebire de sensibilizarea chimică care ridică sensibilitatea generală a emulsiilor fotografice în domeniul sensibilităţii proprii, metoda de sensibilizare optică ridică sensibilitatea emulsiei în domenii spectrale situate în afara sensibilităţii proprii, spre lungimi de undă mai mari.

Sensibilizarea optică a emulsiilor fotografice se bazează pe principiul reacţiilor fotochimice sensibilizate în care substanţa care absoarbe radiaţia activă nu este substanţa care suferă reacţia chimică, ci o altă substanţă prezentă în sistem, denumită s e n s i b i l i z a t o r o p t i c .

Mecanismul proceselor fotochimice sensibilizate este următorul: molecula de sensibilizator optic S absoarbe o cuantă de lumină şi devine particulă activată: $S + h\nu = S^{*}$ . Moleculele substanţei care trebuie sensibilizată B se ciocnesc cu moleculele activate $S^{*}$ şi preiau cuanta de energie: $S^{*} + B = S + B^{*}$; molecula de sensibilizator revine la starea energetică iniţială. Dacă energia preluată de particula B completează energia acesteia pînă la valoarea energiei de activare, ea se transformă chimic: $B^{*} \longrightarrow C$. De exemplu, în cazul fotolizei bromurii de argint: $S + h\nu = S^{*}$ ; $S^{*} + AgBr^{*} = AgBr^{*} + S$. Sensibilizatorul transmite o cuantă reţelei de

AgBr ($AgBr^{*}$), în care apoi au loc procese secundare, datorită energiei primite. Echivalenţa se stabileşte între numărul de fotoni absorbiţi de sensibilizator şi numărul de particule de substanţă B, în cazul de faţă AgBr, transformată.

Observaţie. Prin energie de activare se înţelege cantitatea minimă de energie pe care trebuie s-o posede particulele de substanţă pentru a se transforma chimic sau ca prin ciocnirea cu altă particulă să aibă loc o reacţie chimică.

Deoarece sensibilizatorii optici se regenerează, ei au acţiune energică chiar şi în cantităţi infime, de aceea sensibilizarea optică se asimilează cu procesele de cataliză, numindu-se f o t o c a t a l i z ă.

În general, sensibilizatorii optici pot fi substanţe anorganice sau organice care trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

- să absoarbă cuante de lumină de o anumită energie (respectiv $\lambda$ ), trecînd astfel în stare activă, dar să nu sufere transformări fotochimice sub acţiunea cuantelor absorbite;

- să poată ceda unei alte particule energia cuantei (prin ciocnire) şi să revină la starea energetică iniţială;

- energia cedată prin ciocnire să completeze energia celeilalte particule pînă la valoarea energiei de activare, în reacţia dată, pentru ca aceasta să se transforme chimic.

Stabilizatorii optici ai emulsiilor fotografice sînt în majoritatea cazurilor coloranţi care se adsorb pe halogenura de argint. Ei absorb lumina în acea regiune a spectrului unde emulsia însăşi nu este sensibilă, adică nu absoarbe lumina.

Emulsiile fotografice sensibilizate optic au o largă aplicaţie practică. În această categorie intră marea majoritate a materialelor folosite în poligrafie, cinematografie, fotografia de amatori etc.

Scanned with OKEN Scanner

## 3. Coloranţi sensibilizatori

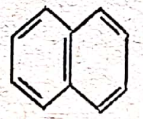
a. Generalităţi. Efectul sensibilizator al unor coloranţi asupra emulsiilor fotografice de AgBr a fost observat încă de la sfîrşitul secolului trecut. Deşi efectul era slab pentru coloranţii încercaţi la început (coralină, eozină, eritrozină, etil-violet, roşu Bengal), metoda a luat o largă răspîndire practică, fiind folosită pe scară industrială.

Metoda a căpătat însă o valoare deosebită o dată cu utilizarea coloranţilor sensibilizatori din clasa cianinelor. In prezent se cunosc un număr mare de coloranţi sensibilizatori aparţinînd clasei cianinelor cu o eficacitate deosebită.

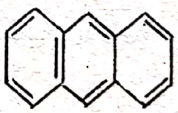
Coloranţii sînt substanţe organice ale căror molecule au proprietatea de a absorbi lumina în mod selectiv, cauză pentru care apar colorate şi pot la rîndul lor colora materialele pe care se fixează. Există o relaţie strînsă între structura moleculelor de colorant, culoarea lor şi puterea de colorare.

Toţi coloranţii conţin în molecula lor cicluri (grupări de atomi dispuşi inelar), şi anume fie cicluri aromatice mononucleare (benzenice) sau polinucleare (naftalinice sau antracenice etc.):

Benzen



Naftalină



Antracen

fie heterocicli simpli sau condensaţi.

Compuşii organici cu heterocicli conţin în molecula lor cicluri în care unul sau mai mulţi atomi de carbon sînt înlocuiţi prin atomii altor elemente ca: N, O, S, Se, P etc., numiţi h e t e r o a t o m i:

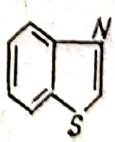
Piridină

Chinolină

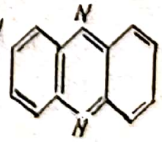
Furan

Imidazol

Tiazol




Benzotiazol




Fenazină

Apariţia culorii este determinată de prezenţa unor grupe funcţionale nesaturate numite c r o m o f o r i, ca,de exemplu : -CH=CH- (vinil); -C≡C- (acetil);>C=O (cetonă); >C=S (tiocetonă); -C≡N (nitril); -N=N- (azo); $-N\lesssim^{O}_{O}$ (nitro); -N=O (nitrozo).

Tabela 3

Relaţia dintre culoarea substanţei şi lumina absorbită

| Culoarea | Lumina absorbită |
|---|---|
| Galben | Violet |
| Portocaliu | Verde |
| Roşu (culoarea se închide) | Albastru-verde (creşte λ) |
| Purpuriu | Verde |
| Violet | Galben-verde |
| Albastru | Portocaliu |
| Verde | Roşu |

Moleculele care conţin grupări cromofore se numesc c r o m o g e n e. Substanţele cromogene sînt colorate, dar nu sînt coloranţi, adică nu imprimă culoarea materialelor pe care se fixează. Uneori, pentru apariţia culorii este necesară prezenţa mai multor grupe cromofore în aceeaşi moleculă.

Dacă în molecula substanţelor cromogene se introduc anumite grupe funcţionale, numite a u x o c r o m e, culoarea substanţei se intensifică şi se închide, cromogenul, devenind astfel colorant.

Întîlnim următoarele grupe auxocrome: -OH (alcool),-OR (alcool substituit), -SH (tioalcool); $-NH_2$ (amină primară), -NHR (amină secundară), $-NR_2$ (amină terţiară), $-SO_3H$ (grupă sulfonică), -COOH (carboxil), $Cl^-$ (halogenură).

Cea mai puternică acţiune de intensificare şi închidere a culorii o au auxocromii: - $NH_2$, -NHR, $-NR_2$ şi -OH. Închiderea culorii se produce prin mărirea numărului de grupări auxocrome, prin creşterea numărului de grupări =CH- în-

tr-o catenă (în cazul coloranţilor cianinici) sau prin alte metode. Cu cît un colorant este mai închis la culoare, el absoarbe lumina de o lungime de undă mai mare (tabela 3).

În emlsiile fotografice este nevoie în primul rînd de creşterea sensibilităţii optice în domeniul radiaţiilor roşii şi infraroşii (cu $\lambda$ mai mare) pentru care AgBr este practic insensibilă. De aceea se vor folosi coloranţi care să aibă un spectru de absorbţie în roşu sau chiar infraroşu, adică să fie cît mai închişi la culoare.

Folosirea sensibilizatorilor optici a permis ca în decursul anilor să se extindă în permanenţă vizualizarea prin metoda fotografică a regiunilor de lungimi mari de undă a spectrului pînă la 1 300 m $\mu$ în mod excepţional chiar mai sus, după cum rezultă din figura 19.

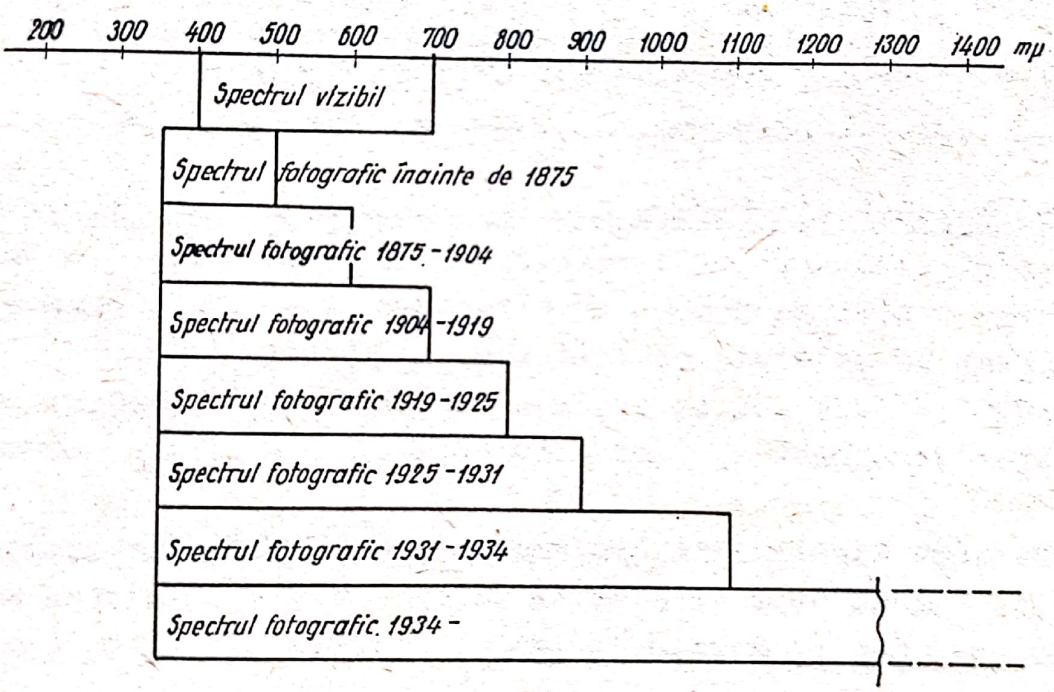



Fig.19. Extinderea domeniului de vizualizare optică prin metoda fotografică.

Emulsiile fotografice sensibilizate optic, conţinute în materialele fotografice curente, au o sensibilitate spectrală situată în interiorul spectrului vizibil, pînă la 700 - - 730 m $\mu$.

Există şi materiale fotografice speciale, a căror sensibilitate spectrală depăşeşte limitele spectrului vizibil, situîndu-se în infraroşu. Din această categorie fac parte emulsiile fotografice folosite în spectroscopia de infraroşu şi în aerofotografie (tabela 4).

Tabela 4

Domeniul de sensibilizare optică a bromurii de argint

| u.v. | | Spectru vizibil | | Radiaţii infraroşii |
|---|---|---|---|---|
| λ(Å) 1 000 2 000 3 000 | | 4 000 5 000 6 000 7 000 | | 8 000 9 000 10 000 11 000 12 000 |
| Sensibilizare cu lichide fluorescente | Sensibilitate proprie a AgBr | Sensibilizare pancromatică | | Sensibilizare infraroşie cu coloranţi speciali |

b. Constituţia generală a cianinelor. Sensibilizatorii optici sînt substanţe cu o moleculă complicată care au totuşi unele trăsături comune de structură, ceea ce permite a se înţelege mecanismul acţiunii lor.

Cianinele ,cei mai importanţi sensibilizatori optici ai emulsiilor fotografice, sînt coloranţi cu o moleculă complexă.

Ei sînt constituiţi din două sau mai multe nuclee heterociclice legate prin grupări de formă -CH=CH-, denumite vinilice, care pot fi conţinute atît în nucleu cît şi în catenă.

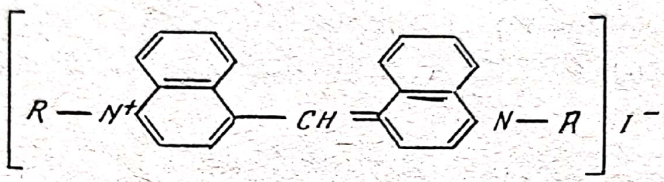
Catena cu duble legături conjugate se numeşte şi l a n ţ p o l i m e t i n i c.

O reprezentare generală a unei cianine poate fi dată astfel:

[ Nucleu heterociclic cu azot pentavalent ] $-(CH=CH)_n-CH=$ [ Nucleu heterociclic cu azot trivalent ]

În sensibilizatorii optici, capetele lanţului polimetinic sînt legate întotdeauna de atomi sau grupări care îşi pot schimba valenţa sau numărul de legături la lanţul polimetinic (de exemplu, un atom de azot).

Un exemplu de cianină propriu-zisă în care nucleul heterociclu este chinoleina este următoarea:



iar R este un radical etil sau metil.

În afară de chinoleină, nucleele heterociclice conţinute în cianine mai pot fi: tiazol, benzoxazol, benzotriazol, pirol etc.

Cianinele au diferite denumiri, în funcţie de natura nucleelor heterociclice conţinute, de poziţia acestora în moleculă şi de lungimea catenei polimetinice.

Cianinele se întrebuinţează de obicei sub formă de ioduri, cloruri, azotaţi etc.

## 4. Proprietăţile unui sensibilizator optic

Pentru ca un sensibilizator optic să poată fi folosit în acest scop, el trebuie să corespundă următoarelor condiţii:

- să asigure o sensibilitate suplimentară suficient de ridicată în domeniul spectral dat;
- să nu provoace o ridicare a voalului şi să nu coboare sensibilitatea generală;
- să nu coboare sensibilitatea emulsiei la păstrare;
- să se dizolve suficient de bine.

Sensibilizatorii optici se adaugă emulsiilor fotografice la preparare sub formă de soluţii alcoolice foarte diluate, $10^{-3}$ sau $10^{-4}$ mol/ $\ell$ .

Proprietatea esenţială a unui sensibilizator optic pentru acţiunea sa de sensibilizare este absorbţia sa spectrală.

Sub formă de soluţii alcoolice, sensibilizatorii optici prezintă o bandă caracteristică de absorbţie situată în vizibil, a cărei poziţie depinde de structura lor chimică şi lungimea catenei polimetinice. S-a observat că, cu cît lungimea catenei polimetinice este mai mare şi nucleul heterociclu conţinut în moleculă are un caracter mai bazic, absorbţia optică a sensibilizatorului se deplasează spre lungimi mai mari de undă.

Creşterea catenei polimetinice s-ε folosit ca metodă de obţinere a sensibilizatorilor pentru roşu îndepărtat şi

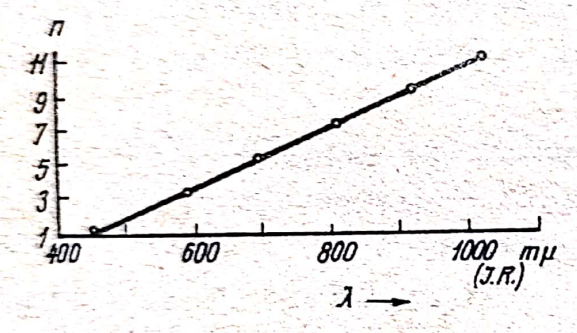
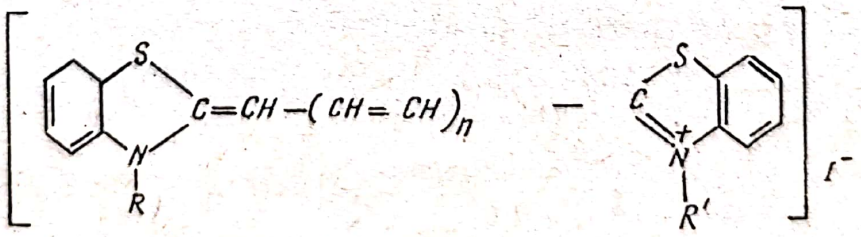



Fig.2o. Deplasarea în spectru a maximului de absorbţie a coloranţilor cianinici cu creşterea numărului de grupe =CH- (n- numărul grupelor =CH-) în coordonate n (numărul de grupe =CH-) şi λ.

infraroşu (fig.2o). Acest lucru este ilustrat şi în figura 21, unde se dă spectrul de absorbţie şi de sensibilizare al coloranţilor cu formula generală:




iar A, B, C, D sînt spectrele de absorbţie ale cianinelor avînd respectiv n = 0, 1, 2, 3.

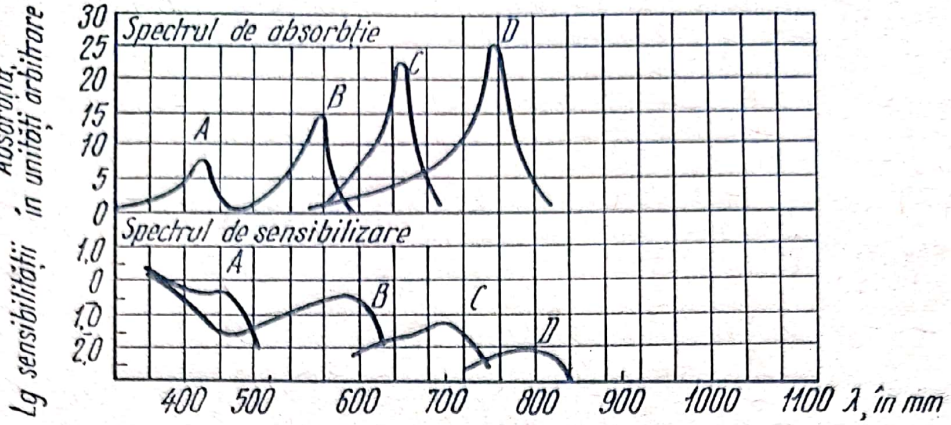



Fig.21. Spectrul de absorbţie şi spectrul de sensibilizare a unor cianine cu catena polimetinică de lungime variabilă.

Din figură reiese că prin lungirea catenei polimetinice absorbţia optică a colorantului sensibilizator se deplasează cu aproximativ 100 mμ spre lungimi mai mari de undă. Dar în aceeaşi măsură scade efectul sensibilizator. Rezultă că, cu cît colorantul sensibilizator are nuclee cu un caracter mai bazic sau o catenă polimetinică mai lungă, cu atît acţiunea sa ca sensibilizator optic se manifestă la lungimi mai mari de undă.

<u>Absorbţia sensibilizatorilor optici pe bromura de argint.</u> Pentru ca o substanţă colorată să acţioneze ca sensibilizator optic este necesar ca moleculele sale să fie adsorbite pe AgBr. Fenomenul de adsorbţie în acest caz urmează, la o temperatură dată, anumite reguli denumite izoterme de adsorbţie, pe baza cărora se poate stabili concentraţia de substanţă adsorbită la echilibru, în funcţie de concentraţia colorantu-

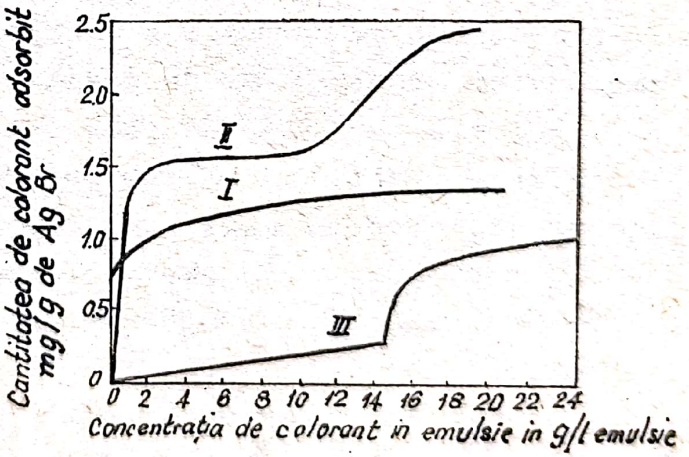



Fig.22. Diferite tipuri de izoterme de adsorbţie a coloranţilor pe grăunţii de AgBr ai unei emulsii fotografice.

lui în soluţia din care are loc adsorbţia (fig.22). Numai acei coloranţi care au proprietatea de a se adsorbi pe microcristalele de AgBr pot acţiona ca sensibilizatori optici. Mai mult, numai acele molecule ale colorantului adăugat, care se găsesc sub formă adsorbită,pot provoca efectul de sensibilizare spectrală a grăunţilor fotografici.

## 5. Mecanismul sensibilizării optice

Acţiunea sensibilizatorilor optici constă în transferul energiei absorbite de colorant către cristalele de AgBr ale emulsiei fotografice în domeniul spectral în care halogenura de argint însăşi nu absoarbe.

În domeniul sensibilizării optice, fotoliza bromurii de argint are loc în acelaşi mod ca şi în cazurile cînd lumina este absorbită chiar de către cristal.

Mecanismul transferului de energie de la molecula sensibilizatorului către reţeaua cristalină nu este însă complet elucidat. Prin studiile efectuate asupra fotolizei bromurii de argint în prezenţa stabilizatorilor optici s-a constatat că pentru o moleculă de sensibilizator prezent se formează cel puţin lo pînă la cîţiva zeci de atomi de argint. Rezultă de aici că sensibilizatorul optic nu se consumă în procesul de formare a imaginii latente, ci funcţionează numai ca un transportor de energie către moleculele de AgBr.

Reacţia de fotoliză prin care rezultă atomi de argint în prezenţa stabilizatorilor optici nu se poate atribui deci unei acţiuni reducătoare a coloranţilor.

Pentru a explica acţiunea sensibilizatorilor optici s-au propus două mecanisme: mecanismul electronic şi mecanismul exitonic.

Primul mecanism se bazează pe presupunerea că prin absorbţia unei cuante de lumină în vizibil, în regiunea absorbţiei caracteristice a colorantului se eliberează un electron din molecula colorantului. Acesta este transferat cris -

talului şi participă aici la procesul de formare a imaginii latente ca şi cum el ar fi fost eliberat chiar de cristal, în faza electronică.

Rezultă că în emulsiile sensibilizate optic fotoliza halogenurii de argint de realizează cu cuante de energii mai mici decît cele care sînt absorbite de AgBr, şi anume cu cuantele absorbite de colorant.

Molecula colorantului care pierzînd un electron capătă o sarcină pozitivă este refăcută pe calea unor reacţii secundare prin care are loc transferul către ea al unui electron de la un ion de brom al cristalului. În acest mod se regenerează molecula colorantului şi se eliberează un atom de Br la suprafaţa cristalului.

Schematic, procesul de fotoliză care are loc în prezenţa unui sensibilizator optic se poate reprezenta în modul următor, conform mecanismului electronic:

$$\text{Sensibilizator} + Ag^+Br^- \longrightarrow \text{Sensibilizator}^+ + Ag + Br^-$$

$$\text{Sensibilizator}^+ + Br^- \longrightarrow \text{Sensibilizator} + 1/2\ Br_2$$

După mecanismul exitonic se presupune că nu are loc un transfer al electronului către cristal, ci numai un transfer de energie sub acţiunea căreia se produce apoi fotoliza halogenurii de argint din cristal.

Schematic, mecanismul exitonic poate fi reprezentat prin şirul de ecuaţii:

$$S + h\nu \longrightarrow S^*$$

$$S^* + AgBr \longrightarrow S + AgBr^*$$

$$AgBr^* + Br^- \longrightarrow AgBr + 1/2\ Br^2 + e^-$$

$$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$$

unde:

S este molecula sensibilizatorului;

$S^*$ - molecula excitată a sensibilizatorului;

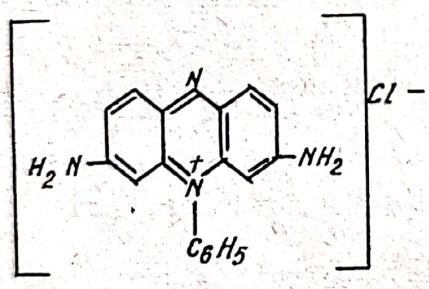
$AgBr^*$ este starea excitată în rețeaua de AgBr;
AgBr - starea normală a rețelei de AgBr;
$e^-$ - simbolul unui electron.

Ambele din cele două mecanisme permit o explicație satisfăcătoare a procesului de sensibilizare optică conform teoriei lui Gurney și Mott asupra formării imaginii latente.

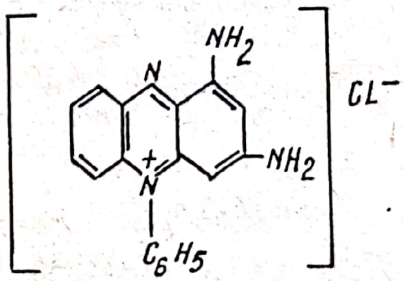
## 6. Fenomenul de desensibilizare

S-a observat că există o serie de coloranți care adăugați unei emulsii fotografice au o acțiune contrară sensibilizatorilor, și anume produc un efect de desensibilizare (uneori ei sînt folosiți în practică în acest scop). Întrebuințați după expunere, sub acțiunea lor, straturile fotografice pot fi developate la o lumină relativ intensă.

Din categoria desensibilizatorilor folosiți în practică fac parte fenosafranina și verdele de pinacriptol:




Fenosafranina




Verde de pinacriptol

Cele două substanțe sînt izomere. Ele se folosesc uneori în practica fotografică pentru desensibilizare în cazul cînd este necesar ca developarea să se efectueze la o lumină relativ intensă. În acest scop, stratul fotografic impresionat se îmbibă într-o soluție a desensibilizatorului și apoi el se poate developa la o lumină galbenă sau chiar albă foarte slabă.

## 7. Grupe de materiale sensibilizate optic folosite în practică

Materialele fotografice sensibilizate optic sînt clasificate şi denumite în funcţie de domeniul spectral pentru care sînt sensibilizate.

Se cunosc următoarele grupe de materiale fotografice sensibilizate cromatic, care diferă prin sensibilitatea lor spectrală: emulsii nesensibilizate optic, emulsii ortocromatice, emulsii pancromatice şi materiale izopancromatice.

Emulsiile nesensibilizate optic sînt acelea care nu conţin nici un colorant sensibilizator. Sensibilitatea lor spectrală se situează în albastru şi violet, întinzîndu-se pînă la 480-500 mμ, în funcţie de compoziţia de halogenuri de argint a stratului fotosensibil. Curba de sensibilitate spectrală a unei emulsii nesensibilizate optic este reprezentată în figura 23.

Emulsiile ortocromatice sînt emulsii sensibilizate optic. Sensibilitatea lor spectrală se întinde în violet, albastru şi verde, pînă la aproximativ 600 mμ. În figura 24 este reprezentată curba de sensibilitate spectrală a unei emulsii ortocromatice. Maximul de sensibilizare depinde de colorantul sensibilizator folosit şi se situează între 550 şi 580 mμ. Curba de sensibilitate spectrală a unei emulsii ortocromatice prezintă două maxime, unul, datorit sensibilităţii proprii a halogenurii de argint, situat în albastru-violet (la aproximativ 460 mμ), şi un al doilea, situat în regiunea de sensibilizare o p t i c ă (580-550 mμ). Sensibilitatea spectrală a unei emulsii prezintă un minim în regiunea de aproximativ 500 mμ, locul de joncţiune a celor două maxime.

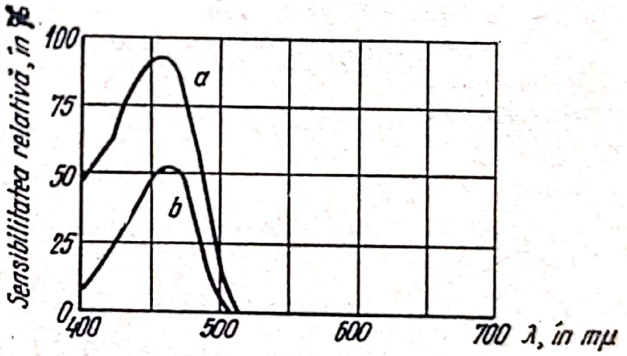



Fig.23. Curba de sensibilitate spectrală a unei emulsii nesensibilizate optic: curba a- expunere la lumina zilei; curba b- expunere la lumina artificială.

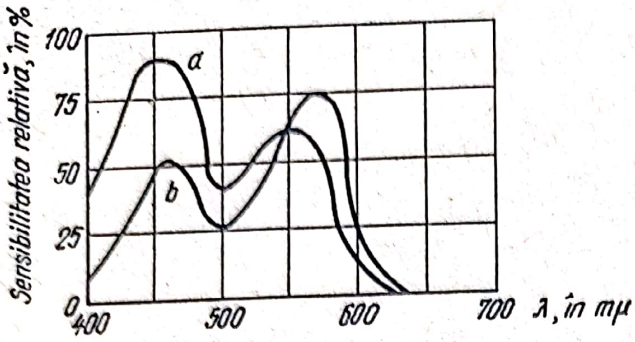



Fig.24. Curba de sensibilitate spectrală a unei emulsii ortocromatice: curba a- expunere la lumina zilei; curba b- expunere la lumina artificială.

Emulsiile pancromatice sînt emulsii sensibilizate optic cu o sensibilitate spectrală extinsă pînă la 700 mμ.

Sensibilitatea spectrală este diferită, după cum emulsia este impresionată la lumina zilei sau la lumină artificială. În figura 25 se dau curbele de sensibilitate spectrală pentru aceeaşi emulsie pancromatică impresionată la lumina zilei şi la lumină artificială.

Emulsiile pancromatice convin foarte bine fotografierii la lumină artificială, întrucît au o sensibilitate relativ ridicată la lumina roşie. Ele prezintă un minim de sensibilitate în verde sau albastru-verde.

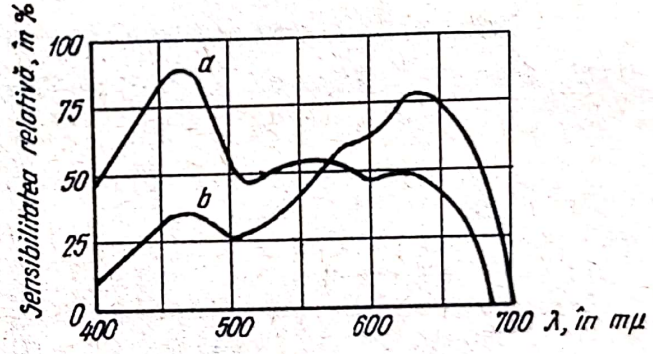



Fig.25. Curba de sensibilitate spectrală a unei emulsii pancromatice: curba a- expunere la lumina zilei; curba b- expunere la lumina artificială.

Emulsiile izopancromatice au o sensibilitate spectrală extinsă pe tot spectrul vizibil. Spre deosebire de emulsiile pancromatice, acestea nu prezintă un minim de sensibilitate în verde. Din acest motiv, prelucrarea lor chimică trebuie efectuată la întuneric complet. Acestea din urmă sînt deosebit de indicate pentru fotografierea obiectelor colorate.

Curba de sensibilitate spectrală a unui material izopancromatic se dă în figura 26.

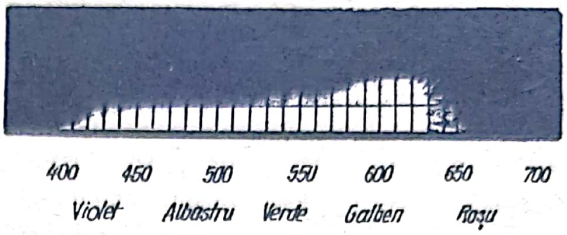



Fig.26. Curba de sensibilitate a unui film izopancromatic.

Emulsiile fotografice sensibilizate optic intra în constituţia materialelor fotografice necesare obţinerii de imagini în culori. Filmele fotografice sensibilizate optic ocupă un loc important şi în tehnica cinematografică.

## Capitolul IV

## DEVELOPAREA IMAGINII FOTOGRAFICE

### A. Reacţia de developare

#### 1. Principiul reacţiei de developare

Procesul de developare constă în transformarea imaginii fotografice latente în imagine vizibilă, avînd la bază reacţia de reducere a ionilor de argint din grăunţii impresionaţi ai emulsiei fotografice la argint metalic. Aceasta se realizează sub acţiunea unei soluţii reducătoare denumită r e v e l a t o r.

Caracteristic pentru procesul de developare este faptul că se reduc la argint metalic numai acei grăunţi ai emulsiei care poartă centre de imagine latentă.

Reacţia de developare se iniţiază în jurul fiecărui germene de imagine latentă şi se întinde progresiv în volumul cristalului impresionat (fig.27).

Fig.27. Iniţierea reacţiei de developare într-un grăunte de halogenură de argint.

Masa de argint aflată într-un grăunte de emulsie fotografică este multiplicată prin procesul de developare de $10^{10}$ ori dacă reducerea este completă.

Există două metode de obţinere a imaginii developate, şi anume: developarea chimică şi developarea fizică.

Developarea chimică este cea mai folosită în practică. Principiul acesteia constă în faptul că imaginea vizibilă se formează prin reducerea la argint metalic sub acţiunea revelatorului, a ionilor de argint conţinuţi în grăuntele de halogenură de argint impresionată la lumină.

Cea de-a doua metodă, developarea fizică, se foloseşte mai puţin în practică. Developarea fizică în forma sa propriu-zisă se realizează după fixare. În mod obişnuit, un revelator fizic conţine pe lîngă substanţa reducătoare şi o sare de argint. Procesul de developare fizică constă în depunerea pe centrele de imagine latentă a atomilor de argint rezultaţi din reducerea ionilor de argint din soluţie, sub acţiunea reducătorului. Întrucît halogenura de argint se îndepărtează din strat în întregime, prin fixare înainte de developare, argintul care formează imaginea developată provine în întregime din argintul conţinut în soluţia de developare. Într-o formă modificată se poate folosi developarea fizică înainte de fixare. În acest caz, şi ionii de argint conţinuţi în halogenura de argint contribuie într-o anumită măsură la imaginea developată şi procesul propriu-zis este o asociaţie de developare chimică şi fizică.

În practică, deşi se foloseşte în mod curent developarea chimică, apar în realitate ambele procese. Întrucît soluţiile revelatoare conţin în mod obişnuit şi un slab dizolvant al halogenurii de argint, sulfitul de sodiu, acesta face să apară în soluţia de developare ioni de argint, ceea ce duce la apariţia unui proces de developare fizică asociat developării chimice.

În realitate, reducerea grăunţilor fotografici este iniţiată de developarea chimică, pe cînd developarea fizică intervine în stadiile finale ale developării.

Scanned with OKEN Scanner

Developarea fizică are importanţă practică pentru developarea straturilor cu colodiu umed folosite în practica poligrafică. În acest caz, în stratul fotografic preexistă înainte de developare azotat de argint sub formă de soluţie difuzată în stratul de colodiu. Aceasta face ca, simultan cu developarea chimică a halogenurii de argint impresionate, să aibă loc, cu o contribuţie importantă, şi o developare fizică, adică depunerea pe imagine a argintului redus din soluţia de azotat de argint.

Developarea fizică apare cu o pondere însemnată şi în procesul de prelucrare în monobăi, unde se realizează simultan developarea şi fixarea imaginii.

## 2. Developarea ca reacţie de oxidoreducere

Reacţiile de developare se încadrează în categoria proceselor de oxidoreducere numite şi procese redox, adică a acelor procese care au loc cu un transfer de electroni între substanţele care reacţionează.

Prin oxidare se înţelege fenomenul de cedare de electroni. Substanţa care cedează electroni se oxidează. Atomul sau ionul care pierde electronii îşi măresc sarcina pozitivă sau pierde sarcinile negative. De exemplu: $Br^- = Br + e^-$ (oxidare).

Prin reducere se înţelege fenomenul de cîştig de electroni. Substanţa care primeşte electroni se reduce. Atomul sau ionul care preia electronii îşi micşorează sarcinile pozitive sau capătă sarcini negative. De exemplu: $Ag^+ + e^- = Ag$ (reducere).

Observaţie. Pentru a putea calcula numărul de electroni primiţi sau cedaţi într-o reacţie de oxidoreducere de către atomii legaţi covalent, care nu posedă sarcini electrice, s-a introdus noţiunea de număr de oxidare. Acesta reprezintă sarcina electrică pe care ar avea-o atomul respectiv, dacă prin ruperea legăturilor covalente ar deveni ion. De exemplu, în apă oxigenul ar avea numărul de oxidare 2- ($O^{2-}$), iar hidrogenul 1 + ($H^+$).

Într-o reacţie de oxidoreducere, substanţa care se oxidează cedînd electroni are rol de reducător, iar cea care se reduce, primind electroni, rol de oxidant. În procesele de developare, revelatorul este reducător, iar ionii de argint-oxidant.

Indiferent de felul developării, reacţia de developare este o reducere a ionilor de argint la argint metalic, însoţită de oxidarea moleculelor revelatorului.

Reacţia de developare este redată prin ecuaţia:

$Ag^+$ (în AgBr sau în soluţie) + Rev (red) $\longrightarrow$ Ag+Rev(oxid), sau

Rev (red) $\longrightarrow$ Rev (oxid) + $e^-$ (oxidare)

$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$ (reducere)

Fiecare revelator este caracterizat printr-o anumită mărime ce poartă denumirea de **p o t e n ţ i a l d e o x i d o r e d u c e r e.**

**Potenţialul de oxidoreducere** se calculează din relaţia lui Nernst:

$$e = e^0 + \frac{RT}{n} \ln \frac{[Ox]}{[Red]}$$

în care:

$e^0$ este potenţialul de oxidare standard care se determină experimental;

R - constanta generală a gazelor egală cu 8,315 erg/grd.mol;

T - temperatura absolută, în grade Kelvin ($^oK$), a soluţiei;

n - numărul de electroni transmişi de la reducător la oxidant (de exemplu, în cazul revelatorului de hidrochinonă, n = 2);

F - numărul lui Faraday egal cu 96 5oo coulombi;

[Ox] şi [Red] - concentraţiile molare ale formelor oxidată şi respectiv redusă.

Înlocuind valorile constantelor şi logaritmul natural (ln) cu cel zecimal (lg) pentru temperatura de 25°C (273,16 + 25 = 298,16°K), relaţia lui Nernst ia următoarea formă:

$$e = e^{o} + \frac{0,058}{n} \lg \frac{Ox}{Red}.$$

Cu cît valoarea (negativă) a potenţialului de oxidoreducere a unui revelator este mai mare, cu atît capacitatea lui de reducere este mai puternică şi revelatorul este mai activ.

Pentru a putea aprecia intensitatea cu care decurge un proces redox, se calculează forţa electromotoare (f.e.m.) a procesului, adică diferenţa dintre potenţialele de oxidare ale celor două sisteme conjugate:

$$Red_1 .... Ox_1$$

$$Ox_2 .... Red_2 \text{ (v.schema de mai sus)}$$

$$e_1 = e_1^{o} + \frac{0,058}{n} \lg \frac{[Ox_1]}{[Red_1]}; \quad e_2 = e_2^{o} + \frac{0,058}{n} \lg \frac{[Ox_2]}{[Red_2]};$$

$$f.e.m. = e_1 - e_2.$$

Cu cît valoarea f.e.m. este mai mare, cu atît reacţia redox decurge mai intens.

Capacitatea reducătoare a unui revelator depinde de o serie de factori, care influenţează valoarea potenţialului de oxidoreducere, şi anume:

- concentraţia în ioni de hidrogen (respectiv oxidrili) a soluţiei revelatoare exprimată în mod curent prin pH;
- concentraţia substanţei reducătoare;
- concentraţia în ioni de Br sau de Ag a revelatorului;
- temperatură.

Ridicarea concentraţiei soluţiei în ioni hidroxil, deci folosirea unor soluţii alcaline de revelatori, creşte activitatea revelatorilor pentru majoritatea agenţilor de developare. Se cunosc numeroase substanţe reducătoare, ca, de exem-

plu, hidrochinona, glicinul, clorhidrochinona, pirogalolul şi altele, care funcţionează ca substanţe revelatoare numai în soluţii alcaline, adică la valori ridicate ale pH-ului (10-11).

pH-ul, numit şi exponent de hidrogen, exprimă aciditatea sau alcalinitatea unei soluţii şi reprezintă logaritmul zecimal luat cu semn schimbat al concentraţiei ionilor de hidrogen aflaţi în soluţie:

$$pH = - \lg [H^+],$$

în care cu $[H^+]$ se notează concentraţia molară (în ioni-g/$\ell$ sau mol/$\ell$) a ionilor de hidrogen.

Cu cît $[H^+]$ este mai mare, cu atît aciditatea soluţiei este mai puternică, deoarece aciditatea depinde de concentraţia ionilor de hidrogen.

Cînd concentraţia ionilor de hidrogen din soluţie este egală cu cea din apă ( în apă, ionii de hidrogen se produc datorită disocierii electrolitice: $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$), şi anume $[H^+] = 10^{-7}$ ion-g/$\ell$ , soluţia este neutră. Valoarea de mai sus se referă la temperatura de 22°C şi se determină practic măsurînd conductibilitatea electrică a apei pure. Deci, pentru soluţii neutre $pH = - \lg [H^+] = - \lg 10^{-7} = 7$.

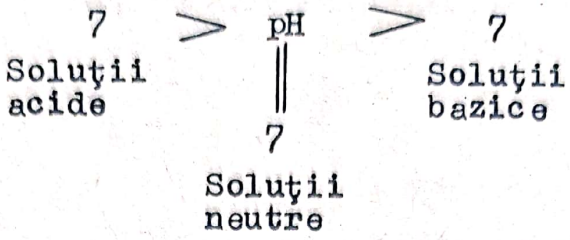
În apă, ca şi în soluţiile neutre, concentraţia ionilor de hidroxil $[HO^-]$ este egală tot cu $10^{-7}$ ion-g/$\ell$ .

În soluţiile acide, concentraţia ionilor de hidrogen este mai mare decît $10^{-7}$ (de exemplu, $10^{-6}$, $10^{-4}$, $10^{-1}$ etc.) şi deci pH-ul este mai mic decît 7 ($pH < 7$), şi anume el variază între 0 şi 7, fiind cu atît mai mic cu cît soluţia este mai acidă.

Cînd soluţia are un pH mai mare decît 7, soluţiile sînt bazice, adică au concentraţia ionilor de hidrogen mai mică decît $10^{-7}$ ion-g/$\ell$ (de exemplu; $10^{-8}$, $10^{-10}$, $10^{-14}$ etc.) şi, implicit, concentraţia ionilor de hidroxil mai mare de $10^{-7}$ ion-g/$\ell$ , ceea ce le determină bazicitatea.

Deci pentru aceste soluţii pH-ul are valori mai mari de 7 ($pH > 7$), şi anume cuprinse între 7 şi 14. Deci cu ajuto-

rul pH-ului se poate exprima aciditatea sau alcalinitatea soluţiilor astfel:




Activitatea revelatorului creşte între anumite limite, cu creşterea concentraţiei în agentul de developare, precum şi cu ridicarea temperaturii.

3. Perioada de inducţie a developării

Din practica fotografică se ştie că imaginea vizibilă începe să apară nu în momentul cufundării în revelator a materialului fotografic impresionat, ci la un anumit interval de timp după aceasta. Timpul scurs între începutul developării şi momentul apariţiei imaginii vizibile se numeşte perioada de inducţie.

Durata perioadei de inducţie variază de la un revelator la altul, fiind cu atît mai scurtă, cu cît revelatorul este mai activ.

În timpul perioadei de inducţie, deşi imaginea vizibilă nu apare, procesul de developare se desfăşoară cu o viteză crescătoare.

4. Forma şi structura grăunţilor developaţi

Forma şi structura grăunţilor de argint developaţi depind de felul developării (fizică sau chimică) şi de activitatea revelatorului. Cu ajutorul microscopului electronic s-a constatat că argintul grăunţilor developaţi prezintă în majo-

ritatea cazurilor o substructură filamentară (fig.28). La începutul developării apar cîteva filamente în jurul aglomerărilor de atomi de argint care constituie centrele de imagine

Fig.28. Structura filamentară a grăunţilor de argint developaţi (microradiografie obţinută la microscopul electronic).

latentă. Acestea cresc progresiv în lungime şi grosime pe măsură ce developarea progresează.Acest lucru este ilustrat în figura 29.Structura filamentară a grăunţilor de argint developaţi prin metodele convenţionale poate fi pusă în evidenţă numai prin observare la microscopul electronic la o mărire de minimum lo ooo de ori.

S-a observat că grosimea şi lungimea filamentelor depind de timpul developării şi activitatea revelatorului. În timp ce developarea chimică duce în toate cazurile la formarea de grăunţi filamentari, developarea fizică favorizează apariţia de grăunţi developaţi cu o structură compactă. Pe de altă parte revelatorii cu activitate mai mică, cei de granulaţie fină,produc o substructură de filamente mai fine, în timp ce revelatorii mai activi provoacă aglomerarea filamentelor.

Procesul de developare provoacă în acelaşi timp o creştere simţitoare a dimensiunii grăunţilor iniţiali de AgBr. Grăuntele developat este aproape întotdeauna mai mare în dimensiune decît microcristalul de AgBr din care a provenit. Creşterea în dimensiune este mai importantă pentru grăunţii emulsiilor de granulaţie fină şi foarte fină. În timp ce la emulsiile de

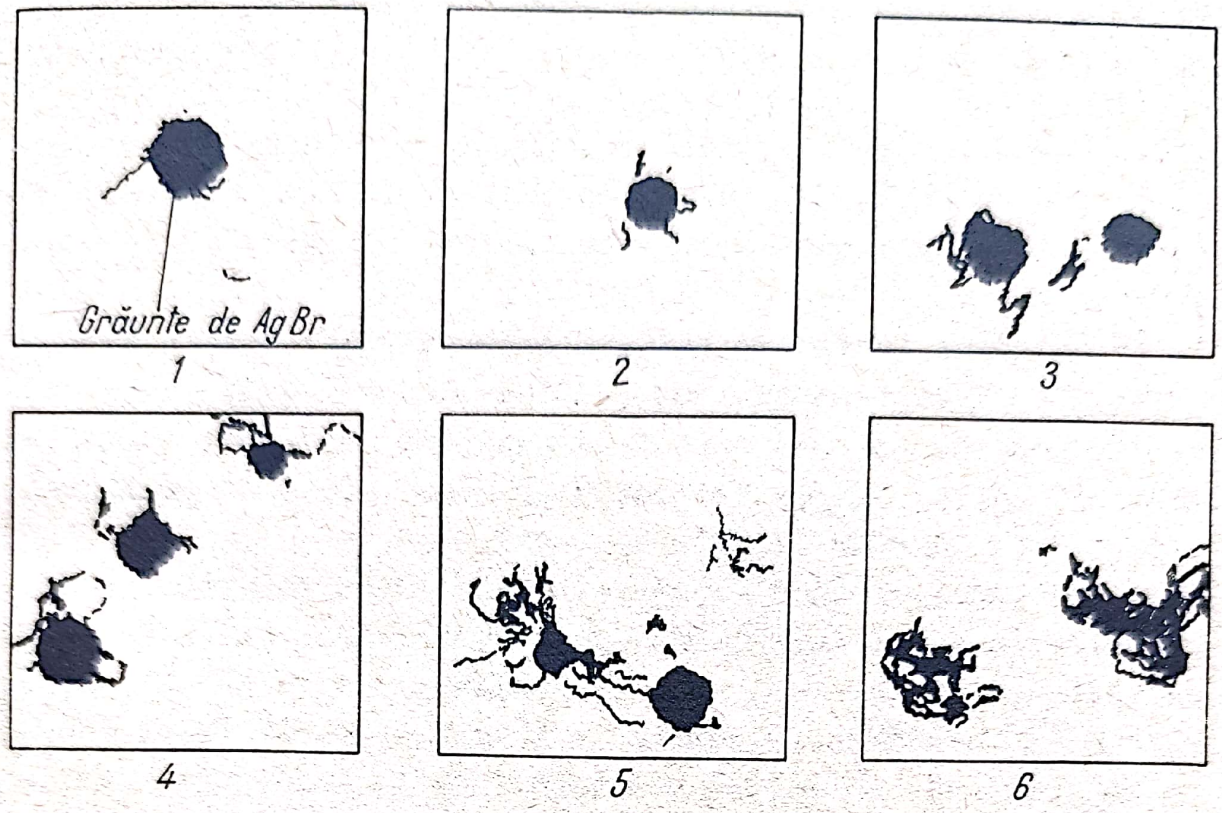



Fig.29. Evoluţia filamentelor de argint în timpul developării.

granulaţie mare sau medie dimensiunea grăuntelui creşte prin developare de 1,5 - 3 ori, la emulsiile de granulaţie foarte fină creşterea dimensiunii poate atinge un raport de 1o.

## 5. Mecanismul developării

Factorii esenţiali pentru procesul de developare sînt, pe de o parte, centrele de imagine latentă care iniţiază reacţia de reducere a cristalelor impresionate, iar pe de altă parte, acţiunea reducătoare a revelatorului care cedează electronii implicaţi în procesul de reducere.

Problema la care trebuie să răspundă orice teorie a developării este următoarea: de ce revelatorul acţionează selectiv numai asupra grăunţilor de AgBr care conţin centre de imagine latentă ?

S-a arătat că developarea este o reacţie de oxidoreducere iniţiată de centrele de imagine latentă. Deoarece argintul fotolitic al centrelor de imagine latentă joacă rolul de catalizator, în absenţa lui, reacţia de developare nu se poate iniţia. Aceasta explică de ce cristalele neimpresionate de lumină (care nu conţin centre de imagine latentă) nu se developează.

Nu orice centru de imagine latentă poate iniţia developarea. Pot funcţiona ca centre de developare numai acele centre de imagine latentă a căror dimensiune depăşeşte o mărime critică, adică conţin cel puţin un număr minim de atomi de argint (de ordinul a cîtorva zeci).

În procesul de developare, centrele de imagine latentă primesc electroni de la substanţa revelatoare. Din acest punct de vedere, developarea poate fi asemănată cu un proces electrochimic în care fiecare centru de imagine latentă funcţionează ca un electrod, colectînd electronii de la substanţa revelatoare. Pe de altă parte, pentru ca o substanţă revelatoare să poată ceda electroni centrelor de imagine este necesar ca ea să se găsească într-un contact intim cu suprafaţa acestor centre, adică să fie adsorbită de acestea.

În mod normal, un cristal de bromură de argint al unei emulsii fotografice este acoperit la suprafaţa sa de un strat de sarcini electrice negative, datorită ionilor de brom adsorbiţi la interfaţa cristalului cu mediul (fig.30).Acesta apare în procesul de preparare a emulsiei în momentul constituirii grăunţilor de AgBr şi protejează cristalul împotriva reducerii spontane (fără iluminare).

Prezenţa stratului dublu de sarcini electrice la suprafaţa cristalului, datorită ionilor de brom adsorbiţi, provoacă apariţia unei căderi de potenţial între cristal şi soluţia de developare (fig.31) şi, în acelaşi timp, o barieră de potenţial la suprafaţa cristalului. Stratul de ioni adsorbiţi pe cristal se numeşte din acest motiv şi b a r i e r a d e s a r c i n i a c r i s t a l u l u i. Se presupune că, în re-

giunea centrelor de developare, bariera de sarcini a cristalului prezintă o spărtură, iar potenţialul de interfaţă este sensibil mai mic decît în regiunea suprafeţei normale a unui grăunte neexpus.

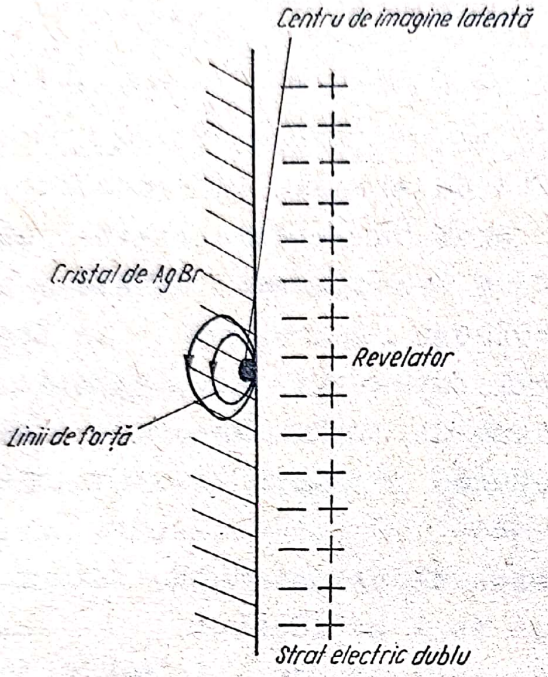



Fig.30. Constituţia stratului electric dublu format la interfaţa cristalelor de AgBr cu mediul.

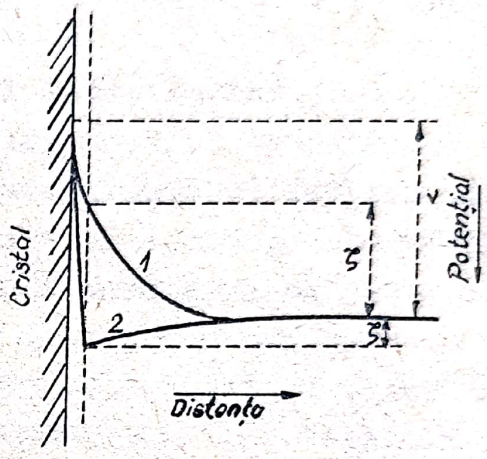



Fig.31. Căderea de potenţial la interfaţa cristalelor de AgBr cu mediul.

Pe locul acestor spărturi ale stratului electric dublu, situate în dreptul centrelor de imagine latentă, revelatorul se poate adsorbi. În asemenea condiţii, el poate ceda electroni imaginii latente. Numai în aceste condiţii, bariera de sarcini a cristalului poate fi învinsă. În realitate, măsura în care bariera de potenţial a cristalului poate fi învinsă depinde de natura sarcinii ionului revelator. Revelatorii care dau ioni negativi sînt foarte greu adsorbiţi pe cristalele de AgBr ale emulsiei şi, în consecinţă, se developează cu o viteză foarte scăzută. Dimpotrivă, revelatorii care au tendinţa de a forma

ioni pozitivi (ionii care posedă una sau două grupe amino) posedă o probabilitate mult mai mare de a înfrînge bariera de potenţial a cristalului şi, în consecinţă, de a ceda cu uşurinţă electroni.

## 6. Voalul fotografic

Examinînd un strat fotografic developat, la microscop, se constată că în regiunile sale unde nu există imagine şi unde stratul fotografic este perfect transparent există o puzderie de grăunţi de argint developat repartizaţi la întîmplare. Aceştia constituie voalul fotografic al imaginii. El provine din grăunţi de halogenură de argint care se developează spontan, fără să fi fost impresionaţi în prealabil la lumină.

După originea sa, voalul poate fi de mai multe feluri: voal chimic, voal de developare şi voal accidental.

Voalul chimic provine din centrele de voal formate în unii grăunţi de halogenură de argint ai emulsiei, în timpul maturaţiei chimice sau la păstrare. În procesul de maturaţie chimică a emulsiei, un anumit număr de centre de sensibilitate pot creşte pînă la dimensiunea centrelor de imagine developabile, devenind centre de voal. Acestea funcţionează, în timpul developării, ca şi centrele de imagine latentă, drept centre de developare.

Voalul de developare se formează în mod întîmplător în timpul developării din grăunţii care sînt reduşi în mod spontan de revelator fără ca ei să conţină centre de imagine latentă.

Mărimea acestui voal depinde de natura revelatorului, de compoziţia sa, precum şi de durata developării. Cu cît durata de developare este mai lungă, cu atît voalul de developare este mai ridicat.

Scanned with OKEN Scanner

Voalul accidental este provocat de diferite iradieri accidentale suferite de emulsie în timpul preparării sau prelucrării, ca, de exemplu: o lumină filtrată insuficient, descărcări electrice etc.

## B. Compoziţia revelatorilor şi reacţiile procesului de developare

### 1. Agenţii de developare

a. Generalităţi. Substanţa chimică conţinută în revelator care determină reducerea ionilor de argint metalici într-o emulsie fotografică expusă se numeşte agent de developare. Aceştia sînt, în general, substanţe instabile, ele putînd fi oxidate mai rapid sau mai lent de oxigenul atmosferic.

Agenţii de developare se împart în două mari clase: revelatori anorganici şi revelatori organici.

Revelatorii anorganici sînt furnizaţi în cea mai mare parte de ioni metalici care prezintă mai multe trepte de valenţă (Fe, V, Cr, Mo etc.). În acest caz, ionul metalic este conţinut în soluţia de developare la treapta sa cea mai joasă de valenţă, iar în urma reacţiei de developare, oxidîndu-se, trece la o treaptă superioară de valenţă. Cei mai importanţi din această categorie sînt revelatorii cu săruri de fier şi vanadiu.

Un revelator folosit încă de multă vreme în fotografie este revelatorul cu oxalat feros, care se prepară din sulfat feros în prezenţă de oxalat de potasiu. Fierul este prezent în acest caz sub forma unui ion complex de $\left[ Fe(C_2O_4)_2 \right]^{2-}$ care este stabil în prezenţa unui exces de ioni oxalat.

Reacţia de developare este în acest caz:

$$Ag^{+} + \left[Fe(C_2O_4)_2\right]^{2-} \longrightarrow Ag(metalic) + \left[Fe(C_2O_4)_2\right]^{-}$$

$$\left[Fe(C_2O_4)_2\right]^{-} + C_2O_4^{2-} \longrightarrow \left[Fe(C_2O_4)_3^{-}\right]^{3-}$$

Prin reacţia de developare, ionul de fier feros se transformă în feric.

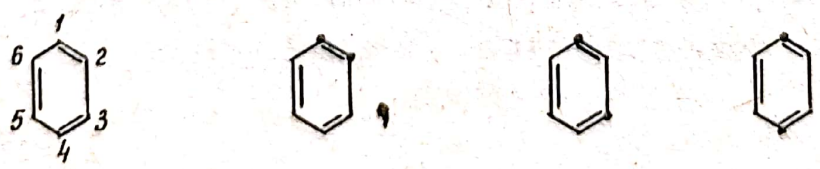
O altă sare de fier folosită ca agent de developare este sulfatul feros. Acesta, prin developare, se oxidează la sulfat feric (fier trivalent). Sulfatul feros intră în componenţa revelatorilor folosiţi în poligrafie la developarea straturilor cu colodiu umed.

Revelatorii cu vanadiu se obţin din săruri ale vanadiului bivalent care prin developare se transformă în vanadiu trivalent.

Revelatorul cu vanadiu acţionează foarte rapid (timp de developare 5-30 s) şi lucrează ca un revelator de contrast ridicat. Revelatorul epuizat se poate regenera uşor pe cale electrolitică.

b. <u>Agenţii organici de developare</u> . Agenţii organici de developare au căpătat cea mai mare răspîndire practică .Majoritatea acestora aparţin combinaţiilor aromatice la care proprietăţile de developare se datoresc anumitor caracteristici de structură, prezenţei unor grupări funcţionale (tabela 5) şi poziţiei acestora.

Grupările funcţionale care imprimă proprietăţi revelatoare combinaţiilor aromatice sînt în special gruparea fenolică -OH şi grupările aminice: $-NH_2$ ; -NHR; $-NR_2$. În substanţele revelatoare există de obicei mai multe grupări de acelaşi fel sau diferite (polifenoli, poliamine sau aminofenoli). Proprietăţile revelatoare depind şi de poziţia reciprocă a grupărilor din ciclul benzenic. Există, pentru două grupări funcţionale, trei poziţii:




orto (1,2; 1,6) meta (1,3; 1,5) para (1,4)

În afară de combinaţiile aromatice se mai folosesc ca revelatori şi unii compuşi heterociclici.

Principalele clase de substanţe revelatoare sînt următoarele:

Tabela 5

Grupe funcţionale

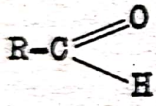
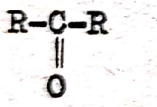
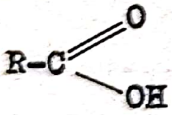
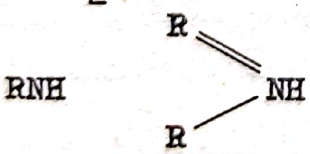
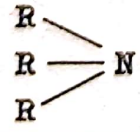
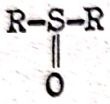
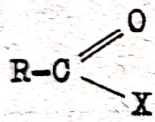
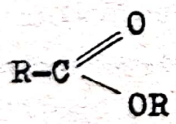
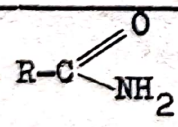
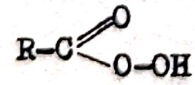
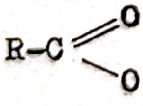
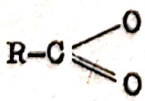
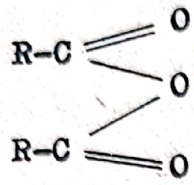
| Formula | Denumirea |
|---|---|
| R - X<br>X - halogen | Compuşi halogenaţi |
| R-OH $R_1$ - radical alifatic sau ciclic<br>$R_2$ - radical aromatic | Alcooli ($R_1$) şi fenoli ($R_2$) |
|  | Aldehide |
|  | Cetone |
|  | Acizi carboxilici |
| R-O-R | Eteri |
| $R-NH_2$ | Amine primare |
|  | Amine secundare |
| $R_3N$,  | Amine terţiare |

Tabela 5 (continuare)

| Formula | Denumirea |
|---|---|
| $R-NO_2$ | Nitroderivaţi |
| R-NO | Nitrozoderivaţi |
| R-N=N-R | Azoderivaţi |
| R-SH | Tioalcooli ($R_1$) şi tiofenoli ($R_2$) |
|  | Tiocetone |
| $R-SO_3H$ | Acizi sulfonici |
| -CH=CH- | Derivaţi vinilici |
| $-C\equiv C-$ | Derivaţi acetilici |
| Derivaţi funcţionali ai acizilor carboxilici | |
|  X-halogen | Halogenuri de acizi |
|  | Esteri |
|  | Amide |
| $R-C\equiv N$ | Nitrili |
|  | Peracizi |
|   | sau Peroxiacizi |

Scanned with OKEN Scanner

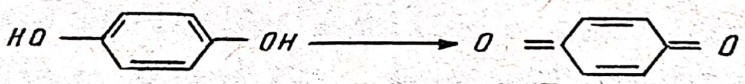
Tabela 5 (continuare)

| Formula | Denumirea |
|---|---|
|  | Anhidride |

- polifenoli şi polifenoli substituiţi;
- aminofenoli şi derivaţi substituiţi ai acestora;
- diaminele şi derivaţi substituiţi ai acestora.

Polifenoli. Fenolii şi polifenolii sînt substanţe solide, cristaline, greu solubile în apă. Datorită acţiunii acidifiante a nucleului benzenic asupra grupării hidroxil, fenolii (spre deosebire de alcooli) au caracter slab acid. Sărurile lor, ca, de exemplu, fenolatul de sodiu (solubil în apă, spre deosebire de fenol care este practic insolubil) hidrolizează puternic, dînd reacţie alcalină.

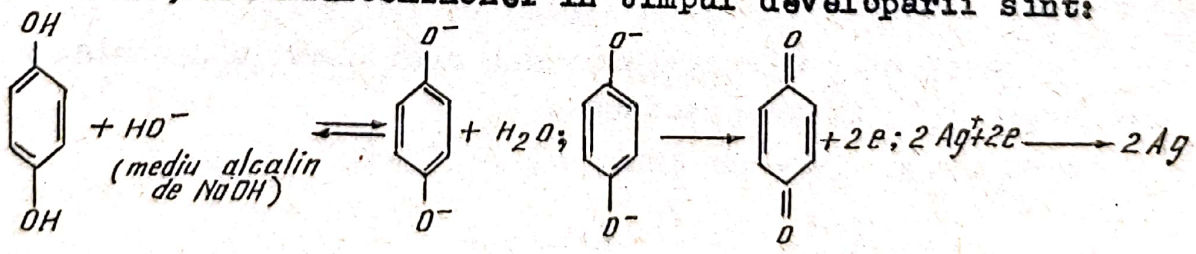
Fenolii şi polifenolii sînt sensibili faţă de oxidanţi, ei avînd un slab caracter reducător. De exemplu, hidrochinona în prezenţa aerului se oxidează la chinonă:



Hidrochinonă Chinonă

Pe caracterul lor slab reducător se bazează folosirea lor ca revelatori în procesele fotografice.

Reacţiile hidrochinonei în timpul developării sînt:



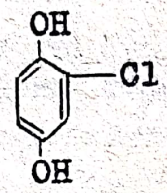

Din clasa polifenolilor se folosesc ca revelatori difenoli şi trifenoli. Dintre difenoli se folosesc para- şi ortodifenolii.

Cel mai important reprezentant al acestei clase este hidrochinona (paradifenolul).

Hidrochinona este o substanţă care cristalizează în ace formate din prisme ortorombice de culoare albă-roz. Se dizolvă foarte uşor în apă caldă, ceva mai greu în apă rece.În prezenţa sulfitului de sodiu se dizolvă foarte uşor şi în apă rece.

Hidrochinona funcţionează ca revelator numai în mediu alcalin. Ca agent de developare se poate folosi singură sau în asociaţie cu alţi agenţi (metol, fenidonă, aminofenol etc.).

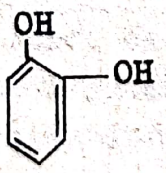
Se mai folosesc ca revelatori şi unii derivaţi ai hidrochinonei, de exemplu 2-clorhidrochinonă:




Aceasta este solubilă în apă şi alcool. Se prezintă cristalizată sub formă de ace sau cristale turtite incolore. Se mai cunosc, de asemenea, bromhidrochinona şi 2,3-diclorhidrochinona, care sînt revelatori mai energici decît hidrochinona.

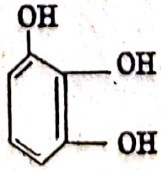
Din aceeaşi clasă a polifenolilor mai fac parte:

Pirocatechina-ortodifenol, deci izomer al hidrochinonei cu formula:

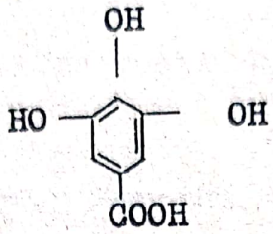



Aceasta este un revelator mai slab decît hidrochinona şi mai puţin folosit în practică .

Pirogalolul este un trifenol de forma:



Pirogalolul este primul revelator din clasa polifenolilor, descoperit şi folosit în practică. El a fost folosit multă vreme pentru developarea emulsiilor cu colodiu umed .În acelaşi scop s-a folosit un derivat al său, acidul galic:

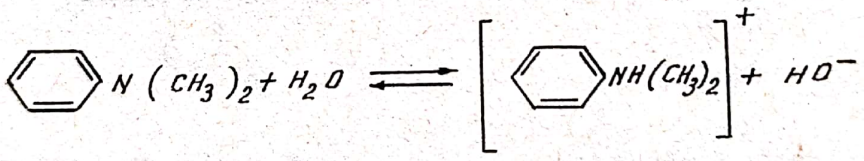



Acidul galic

Pirogalolul se foloseşte în prezent într-o serie de revelatori, de obicei în asociaţie cu alţi agenţi de developare.

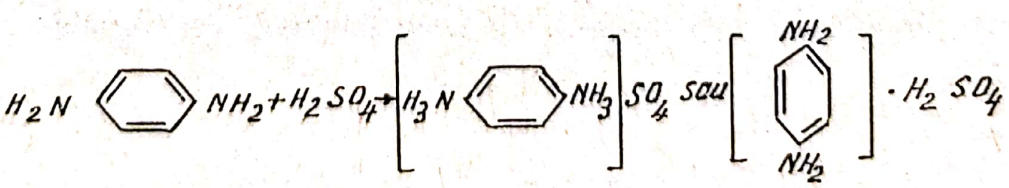
Poliaminele. Aminele şi poliaminele sînt în general substanţe solide, foarte puţin solubile în apă. Ele au un foarte slab caracter bazic, care creşte cu numărul de grupări $-NH_2$ şi prin substituirea hidrogenului legat de azot cu radicali alifatici - $CH_3$ (metil), - $C_2H_5$ (etil) etc. prin care se formează amine secundare şi, respectiv, terţiare.

În apă, aminele se comportă asemănător amoniacului, formînd hidroxizii respectivi care au tărie mult mai mică decît hidroxidul de amoniu. De exemplu:




Dimetilanilină

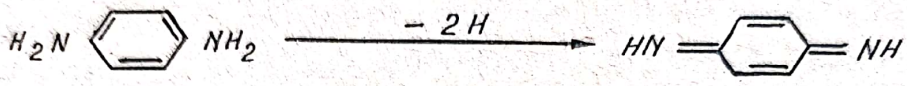
Ca orice bază, cu acizii (HCl, $H_2SO_4$ etc.) formează săruri de amine:




p-Fenilendiamină Sulfat de p-Fenilendiamină

Fiind săruri ale unor baze slabe, sărurile de amine hidrolizează puternic în soluţii apoase, dînd reacţie acidă (pH < 7). Sărurile de amină sînt în general solubile în apă.

Aminele au un slab caracter reducător ca şi fenolii. În funcţie de natura aminei (primară, secundară sau terţiară) şi de tăria oxidantului se obţin produşi de oxidare diferiţi. De exemplu, halogenurile de argint oxidează aminele pînă la imine:

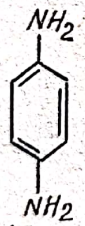



p-Fenilendiamină Diimină

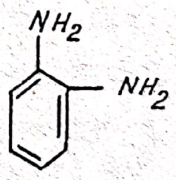
În mod similar se comportă şi aminele secundare şi terţiare.

Din grupa poliaminelor sînt mai folosite în practică fenilendiaminele. Dintre acestea au proprietăţi revelatoare parafenilendiamina şi ortofenilendiamina.

Practic, parafenilendiamina este singura utilizată sub formă de clorhidrat. Parafenilendiamina se foloseşte ca revelator de granulaţie fină. Este uşor solubilă în apă şi se oxidează uşor în aer:

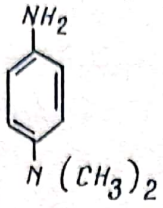



Parafenilendiamina

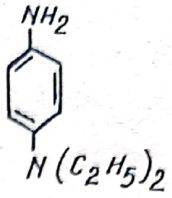



Ortofenilendiamina

Mult folosiţi în practică sînt unii derivaţi substituiţi ai parafenilendiaminei. Dintre aceştia, mai cunoscuţi sînt dimetilparafenilendiamina şi dietilparafenilendiamina, denumite şi dimetil şi dietilaminoaniline. Acestea se folosesc ca agenţi revelatori în developarea cromogenă (în culori):

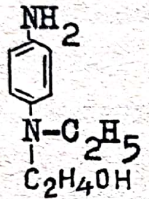


Dimetilparafenilendiamina

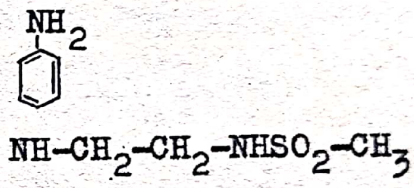


Dietilparafenilendiamina

Acești revelatori prezintă o toxicitate cutanee ridicată, inconvenient care a fost redus prin prepararea unor alți derivați de la parafenilendiamină, dintre care sînt mai cunoscuți etiloxietilparafenilendiamină și metilsulfoamidoetil parafenilendiamină:

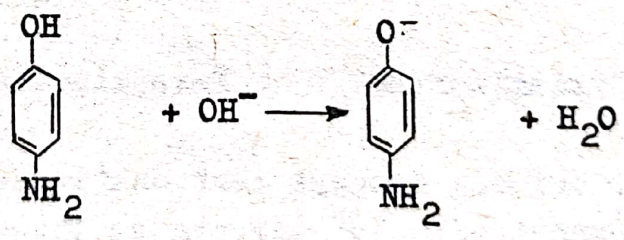


Etiloxietilparafenilendiamina

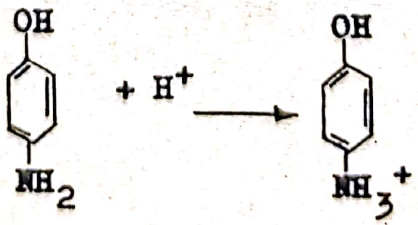


Metilsulfoamidoetilparafenildiamina

<u>Aminofenolii.</u> Ei au atît proprietăți de fenoli cît și de amine. Sînt substanțe solide, cristaline, incolore, cu caracter amfoter, adică disociază și ca acizi (gruparea fenolică), și ca baze (gruparea aminică). În mediu bazic (pH > 7) manifestă caracter acid:

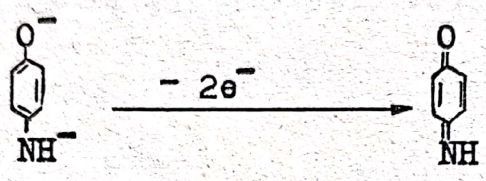


iar în mediu acid (pH < 7) caracter bazic:



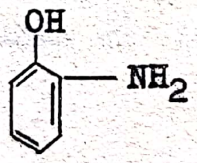
La un anumit pH, disocierea acidă şi bazică este egală (punct izoelectric) şi aminofenolul este complet disociat:

Aminofenolii au caracter reducător, oxidîndu-se atît la gruparea -OH cît şi la cea aminică, după schema:

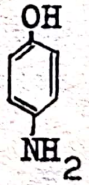



(forma disociată)

Aminofenolii au proprietăţi revelatoare numai cînd cele două grupări active $OH^-$ şi $-NH_2$ se găsesc în poziţie orto şi para. Este de asemenea necesar ca funcţia fenolică ($OH^-$) să nu fie blocată cu vreun radical. Termenii cei mai simpli ai acestei clase sînt ortoaminofenolul şi paraaminofenolul:



Ortoaminofenol



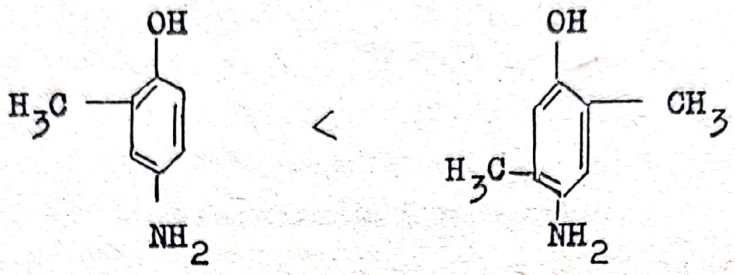
Paraaminofenol

Dintre cei doi compuşi menţionaţi, mai folosit în practică este parasminofenolul. Acesta se foloseşte sub formă de clorhidrat, oxalat sau bază liberă.

Paraaminofenolul mai este cunoscut în practică sub formă de paraamidofenol. Cristalizează în prisme alb-cenuşii, solubile în apă.

Din aceeaşi clasă se mai cunosc următorii derivaţi: paraaminocrezolul (derivat de la toluen), paraaminoxilenolul

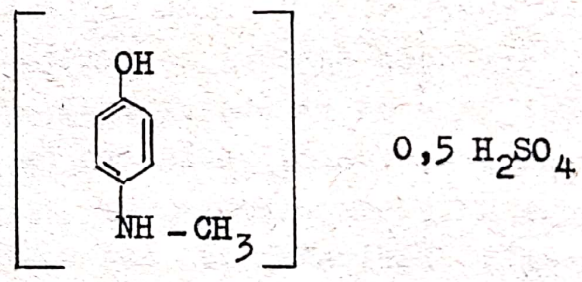
(derivat de la xilen). Ambii sînt revelatori mai energici decît paraaminofenolul:



Paraaminocrezol Paraaminoxilenol

Se mai folosesc în practică acidul paraaminosalicilic şi etoxiparaaminofenol obţinut prin substituirea unui radical $-CH_2OH$ în paraaminofenol. Acesta din urmă se foloseşte în practică sub formă de clorhidrat şi este foarte solubil în apă.

<u>Aminofenoli substituiţi.</u> O clasă importantă de revelatori uzuali o constituie aminofenolii substituiţi. Cel mai important reprezentant este metolul, care este sulfat de parametilaminofenol:

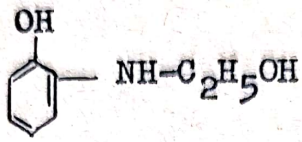


Metol

Metolul este un revelator mai puternic decît paraaminofenolul. El lucrează ca revelator numai în mediu alcalin. Se prezintă sub formă de pulbere de culoare albă-roz, cristalizată în ace fine sau prisme. Este solubil în apă şi alcool şi se dizolvă mai greu în soluţii de sulfit de sodiu.

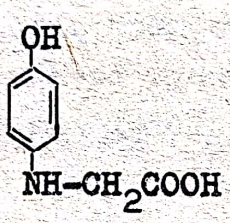
Din aceeaşi clasă se mai foloseşte în practică ortooxietilaminofenolul, revelator de granulaţie fină. Acesta se ob-

ţine prin substituirea cu un radical etoxi a unui hidrogen de la o grupă amino în ortoaminofenol:



Ortooxietilaminofenolul

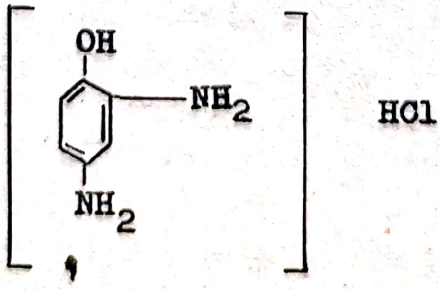
Un alt derivat de la paraaminofenol folosit în practică este acidul paraoxifenilaminoacetic, cunoscut sub denumirea de g l i c i n:



Acidul paraoxifenilaminoacetic (glicin)

Acesta este un revelator mai slab decît paraaminofenolul. Glicinul se prezintă sub formă de lamele mici, este greu solubil în apă, dar uşor solubil în soluţii de sulfit sau alcalii. Glicinul este un revelator lent, dar cu o capacitate mare de reducere, foarte rezistent la acţiunea de oxidare a aerului şi nu produce voal.

<u>Diaminofenoli</u>. Derivatul cel mai cunoscut din clasa diaminofenolilor este clorhidratul -2-4-diaminofenol, denumit şi a m i d o l:

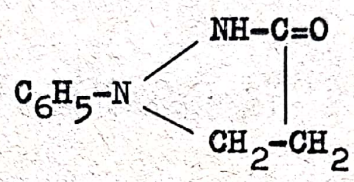


Amidol

Acesta se prezintă cristalizat sub formă de ace alb-roz, uşor solubil în apă. Soluţiile sale se oxidează foarte uşor la aer. Se foloseşte ca revelator de granulaţie fină.

Revelatori heterociclici. Bazele heterociclice dau un număr mare de substanţe revelatoare.

Reprezentantul acestei clase care a căpătat o răspîndire mai largă este 1-fenil-3-pirazolonă, cunoscut sub denumirea de f e n i d o n ă:

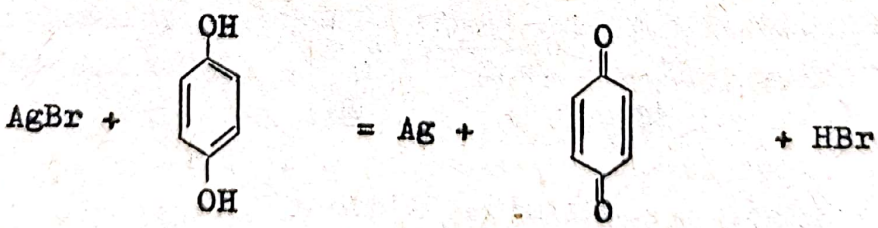


Fenidonă

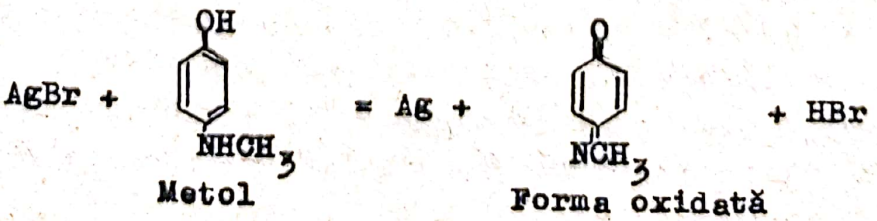
Fenidona este un revelator puternic şi dă rezultate foarte bune în amestec cu hidrochinona. Procentul optim de fenidonă în amestec este de 3-7 %.

Revelatorii micşti pe bază de hidrochinonă şi fenidonă sînt consideraţi ca revelatori activi, de contrast ridicat.

c. Reacţiile de developare şi formele de oxidare ale revelatorilor. În reacţia de developare, agentul reducător cedează electroni bromurii de argint care se reduce la argint metalic. Agentul reducător prin acest proces trece la forma oxidată, după cum rezultă din reacţiile de mai jos:



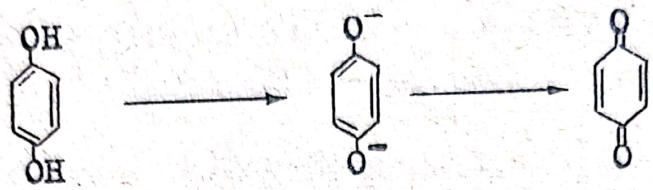
Hidrochinonă — Chinonă (forma oxidată)



Metol — Forma oxidată

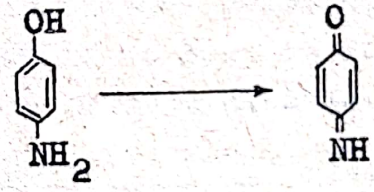
Formele oxidate ale agenţilor de developare sînt diferite, în funcţie de natura acestora.

Hidrochinona, de exemplu, cedează în procesul de developare doi electroni şi se transformă în chinonă, conform reacţiei:

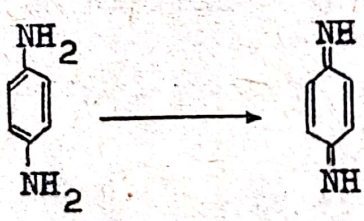


Hidrochinonă — Forma ionizată a hidrochinonei — Chinonă

Produşi similari dau prin oxidare şi ceilalţi agenţi de developare din clasa polifenolilor. Paraaminofenolul şi ceilalţi agenţi de developare din clasa sa dau prin oxidare chinonimină conform reacţiei:



Parafenilendiamina şi derivaţii săi substituiţi dau prin oxidare diimine:



Parafenilendiamina Diimina

Aceleaşi forme de oxidare apar şi prin alterarea (oxidarea) revelatorilor în aer. Produşii de oxidare ai revelatorilor sînt, în general, colorați în roşu-brun şi apariţia lor în băile de developare provoacă colorarea acestora.

d. <u>Agenţii micşti de developare</u>. În practica fotografică este posibil să se obţină o mare varietate de rezultate

prin folosirea revelatorilor micşti (combinaţie de revelatori). În mod obişnuit se combină un revelator cu funcţie acidă (polifenol) cu un revelator cu funcţie bazică (aminofenol sau fenilendiamină).

În majoritatea cazurilor, în fotografia alb-negru se foloseşte amestecul metol -hidrochinonă, denumit şi metichinonă, ale cărei proprietăţi revelatoare sînt superioare celor doi componenţi luaţi separat. În afară de acesta se mai folosesc în practică următorii revelatori micşti: fenidonă-hidrochinonă; metol -clorhidrochinonă (numit şi cloranol) ; parafenilendiamină şi hidrochinonă (amestec denumit hidramină) etc.

Revelatorii micşti se caracterizează printr-o viteză de developare a amestecului superioară sumei vitezelor de developare a agenţilor componenţi folosiţi individual în aceleaşi condiţii.

Acest efect a fost denumit <u>fenomen de superaditivitate</u> al revelatorilor.

Fenomenul de superaditivitate se manifestă mai ales pentru durate scurte de developare şi reduce simţitor perioada de inducţie a developării.

Exemplul cel mai tipic de revelator mixt care este folosit curent în practica fotografică este revelatorul cu metol-hidrochinonă. Acest amestec are o suplete deosebită la folosire şi permite obţinerea unei game largi de rezultate folosind o varietate mare de formule de lucru. Experienţa a arătat însă că, pentru a obţine maximul de sensibilitate, un contrast mijlociu, un voal redus, o conservabilitate bună, este indicat ca raportul cantităţilor de metol-hidrochinonă să nu varieze prea mult în jurul unei proporţii date, aceea a unui amestec aproape echimolecular. Revelatorul mixt metol-hidrochinonă are cea mai largă răspîndire practică. El este, de asemenea, folosit şi în tehnica poligrafică.

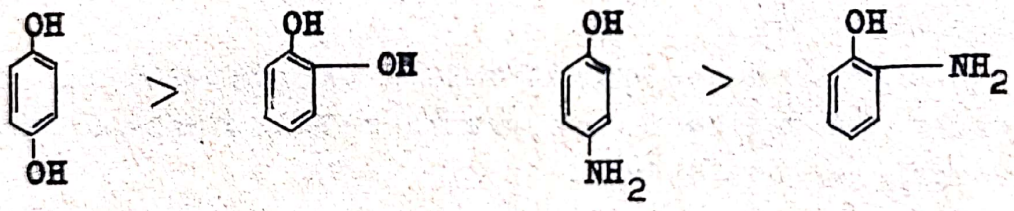
Scanned with OKEN Scanner

## 2. Relaţii între acţiunea de developare şi constituţia revelatorilor

Cu mulţi ani în urmă s-au făcut încercări de a stabili relaţii între structura chimică a revelatorilor şi proprietăţile de developare. În acest sens se cunosc următoarele reguli mai importante privitoare la revelatorii derivaţi de la compuşii aromatici (benzen şi homologii săi):

- Compuşii din seriile aromatice care developează imaginea latentă conţin cel puţin două grupe -OH, două grupe $-NH_2$ sau o grupă -OH şi o grupă $-NH_2$.

- Aceste grupări trebuie să fie aşezate în poziţia orto sau para, pentru ca substanţa să aibă acţiune revelatoare. Derivaţii meta nu sînt revelatori. Derivaţii para sînt revelatori mai puternici decît derivaţii orto. De exemplu, hidrochinona sau paraaminofenolul sînt revelatori mai puternici decît pirocatechina sau ortoaminofenolul.

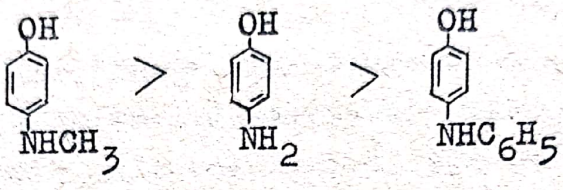


- Substituirea unui radical hidrocarbonat în locul unui atom de hidrogen în nucleul benzenic sau al unui halogen nu interferează cu proprietăţile de revelator ale compusului. Dacă substituirea se face cu un radical alchil sau cu un halogen, activitatea revelatorului creşte. De exemplu, clor sau brom-hidrochinona sînt revelatori mai puternici decît hidrochinona. Substituirea unui atom de hidrogen în nucleul benzenic cu un radical $-SO_3H$ sau -COOH scade activitatea revelatorului.

- Substituirea unui hidrogen la grupa -OH cu un alt atom sau radical distruge proprietăţile revelatoare ale substanţei.

- Substituirea unui hidrogen de la grupa $-NH_2$ a revelatorului conservă proprietăţile de revelator. Înlocuirea unui hidrogen cu un radical alchil ridică activitatea revelatorului,

pe cînd introducerea unui radical aril, a unei grupe -COOH sau a unui radical $-SO_3H$ reduce activitatea revelatorului. De exemplu, metilaminofenolul este un revelator mai puternic decît paraaminofenolul, pe cînd fenilaminofenolul este un radical mai slab. Acest lucru rezultă din succesiunea formulelor de mai jos:



3. Constituenţii băilor de developare

În general, băile de developare conţin următorii constituenţi: un agent reducător, un conservant, o substanţă alcalină şi un agent antivoal.

Agentul reducător este constituentul principal al băii, cu rolul de a transforma ionii de argint ai cristalelor de AgBr impresionate în argint metalic. Concentraţia agentului de developare într-un revelator este de ordinul a 5 g/ℓ de soluţie.

Activitatea revelatorului creşte între anumite limite, cu concentraţia agentului de developare. Ridicarea concentraţiei agentului de developare peste o anumită limită (de ordinul a 5-6 g/ℓ ) duce la o creştere sensibilă a voalului, fără o creştere semnificativă a vitezei de developare.

În majoritatea cazurilor, băile de developare conţin agenţi micşti de developare (asociaţii de doi revelatori).

Substanţa alcalină este denumită şi substanţă accelleratoare după rolul pe care-l îndeplineşte în procesul de developare. Întrucît majoritatea agenţilor de developare funcţionează ca revelatori în mediu alcalin, iar activitatea lor creşte cu ridicarea pH-ului, adică a concentraţiei mediului

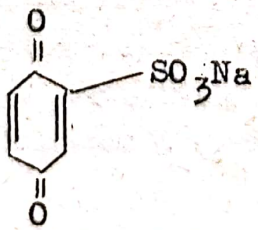
în ioni oxidrili, prezenţa substanţei alcaline influenţează în mod esenţial asupra activităţii revelatorului şi a vitezei de developare. Pe de altă parte, în procesul de reducere a bromurii de argint se pune în libertate acid bromhidric, conform reacţiei:

$$C_6H_4(OH)_2 + 2AgBr \longrightarrow C_6H_4O_2 + 2Ag + 2HBr$$

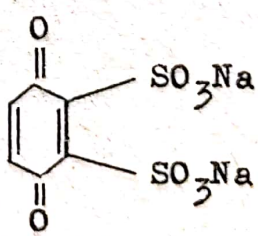
Pentru a menţine constantă capacitatea de reducere a revelatorului, în cursul developării este necesar ca acidul bromhidric rezultat să fie neutralizat fără o variaţie sensibilă a concentraţiei de ioni $OH^-$ ai mediului (a pH-ului); în caz contrar, activitatea revelatorului scade. Acest lucru se realizează folosind întotdeauna un exces de substanţă alcalină.

Cantitatea de substanţă alcalină ce intră în compoziţia revelatorilor uzuali, cu unele excepţii, este ridicată (cîteva zeci de grame). Ca substanţe alcaline se folosesc cel mai des carbonatul de sodiu şi boraxul, mai rar carbonatul de potasiu şi hidroxidul de sodiu.

<u>Agentul conservant</u>, care este în mod obişnuit sulfitul de sodiu, este un important constituent al băii de developare. Concentraţia sa în revelator este de ordinul a cîtorva zeci de grame pînă la 100 g/$\ell$ . Sulfitul de sodiu adăugat unei băi de developare are rolul de a lega forma oxidată a revelatorului în timpul developării şi de a frîna oxidarea în aer a revelatorului în timpul păstrării. Forma oxidată a revelatorului se elimină prin trecerea ei într-o combinaţie sulfonată. Prin blocarea formei oxidate a revelatorului se împiedică o variaţie a activităţii revelatorului în timpul developării. În cazul hidrochinonei se formează chinonmono - sulfonatul şi chinondisulfonatul de sodiu:




Chinonmonosulfonatul de sodiu




Chinondisulfonatul de sodiu

În absenţa agentului conservant, revelatorii se oxidează repede la aer prin păstrare. Se formează produşi de oxidare puternic coloraţi în brun, care au o acţiune tanantă asupra gelatinei şi colorează stratul fotografic.

În unele cazuri, sulfitul de sodiu, utilizat ca agent conservant, se poate înlocui prin acid ascorbic sau acid tioglicolic. Revelatorii preparaţi cu aceşti din urmă compuşi nu au acţiune dizolvantă asupra halogenurilor de argint, spre deosebire de revelatorii cu sulfit de sodiu.

Prezenţa sulfitului de sodiu influenţează, de asemenea, viteza de developare în mod indirect prin reacţiile sale pe care le dă cu produşii de oxidare ai revelatorului.

La revelatorii de tipul hidrochinonei, unde reacţia de developare este accelerată de produşii de oxidare ai revelatorului (chinona), ridicarea concentraţiei de sulfit în revelator duce la o scădere a vitezei de reacţie. La revelatorii cu funcţii bazice, de tipul aminofenolilor sau al parafenilendiaminei, unde prezenţa produşilor de oxidare ai revelatorului frînează reacţia de developare, ridicarea concentraţiei de sulfit în revelator duce la creşterea vitezei de developare.

În cazul procesului de developare color, prezenţa sulfitului frînează reacţia de developare, de aceea revelatorii color conţin cantităţi foarte reduse de sulfit.

Substanţa antivoal adăugată unui revelator are rolul de a frîna viteza de formare a voalului chimic în timpul developării. Ca substanţă antivoal se foloseşte în mod obişnuit bromura de potasiu în cantităţi de 1-5 g/$\ell$ . În afară de KBr se mai pot folosi antivoali organici ca nitrobenzimidazol şi benzotriazol în cantităţi de cîteva grame la un litru.

Prezenţa substanţei antivoal într-un revelator încetineşte viteza reacţiei de developare, împiedicînd astfel o reducere excesivă a grăunţilor de AgBr neexpuşi. Această acţiune de încetinire a reacţiei de developare a căpătat denumirea de capacitate de frînare a bromurii.

Acţiunea de frînare a bromurii în prezenţa diferiţilor agenţi de developare diferă de la un caz la altul. Fiecărui revelator îi corespunde o anumită capacitate de frînare a bromurii.

Prezenţa substanţei antivoal şi concentraţia ei influenţează asupra duratei perioadei de inducţie a developării, înţelegînd prin perioada de inducţie timpul scurs între începutul developării şi apariţia imaginii vizibile.

Cu cît concentraţia de bromură creşte, perioada de inducţie a developării se lungeşte.

4. Prepararea revelatorilor

Revelatorii se prepară în unităţi de 500 ml, 1, 2, 5 litri sau mai mult. Este preferabil să se folosească apă fiartă şi răcită. Fierberea apei are ca efect eliminarea gazelor dizolvate în ea şi precipitarea carbonatului de calciu. În lipsă de apă fiartă se poate folosi apă ordinară (dar potabilă), fără inconveniente prea mari. Ea conţine în principal următoarele impurităţi: bicarbonat sau sulfat de calciu, cloruri alcaline, oxizi de fier, silice, bioxid de carbon şi oxigen.

Unele din aceste componente ale apei pot precipita în revelator cu componenţii săi; astfel, carbonatul şi sulfatul de calciu, reacţionînd cu sulfitul de sodiu, formează un depozit de sulfit de calciu care se poate separa prin filtrare sau decantare. Silicea poate să formeze în băile de fixare acide particule coloidale fine care se fixează pe gelatină.

Prezenţa oxigenului este supărătoare, întrucît provoacă oxidarea rapidă a revelatorului la conservare.

Pentru prepararea revelatorului se procedează în felul următor:

Se ia un flacon cu o capacitate apropiată de volumul de revelator care se urmăreşte a se prepara. Acesta se umple pînă la 3/4 din volumul său cu apă fiartă, la o temperatură de 30-50°C, după care se introduc şi se dizolvă pe rînd, într-o ordine strictă, conform reţetei, componenţii revelatorului.

Pentru un revelator care conţine metol, sulfit, hidrochinonă, carbonat şi bromură de potasiu, se dizolvă mai întîi metolul, apoi sulfitul, hidrochinona, carbonatul şi bro-

mura. Hidrochinona se dizolvă mai uşor în soluţie de sulfit, dar prezenţa acestuia din urmă împiedică dizolvarea metolului. Pe de altă parte este absolut necesar să se adauge sulfitul înaintea substanţelor alcaline. În mediul alcalin,agentul de developare se oxidează foarte uşor şi în aceste condiţii, în absenţa sulfitului, el se descompune practic chiar înainte de folosire.

După dizolvarea tuturor componenţilor revelatorului,soluţia se completează pînă la volumul indicat cu apă rece.

Se lasă apoi un anumit timp în repaus, după care soluţia se filtrează prin hîrtie de filtru sau printr-un strat de vată.

Revelatorul preparat se poate păstra mai multă vreme în flacoane de culoare închisă umplute complet şi acoperite.

În unele cazuri, cînd se prepară revelatorii în cantităţi mai mari, pentru a fi păstraţi se prepară într-o formă mai concentrată (2/1 sau 3/1), urmînd a se dilua înainte de folosire la raportul dorit.

## 5. Tipuri de revelatori uzuali

În practica fotografică se folosesc numeroase tipuri de revelatori în funcţie de natura materialului fotografic şi de caracteristicile imaginilor developate.

Revelatorii se clasifică:

După agentul de developare folosit, în:

- revelatori cu un singur agent de developare;
- revelatori cu agenţi micşti de developare.

După contrastul imaginilor developate, în:

- revelatori contrast;
- revelatori normali ;
- revelatori moi.

Scanned with OKEN Scanner

După natura materialului developat, în:

- revelatori pentru materiale negative;
- revelatori pentru materiale pozitive (pentru hîrtie).

În continuare se dau cîteva tipuri uzuale de revelatori.

a. Revelatori cu un singur agent de developare. Revelator cu pirogalol. Unul din cei mai buni revelatori cu pirogalol, care poate fi folosit atît pentru negative de contrast cît şi pentru negative normale sau moi, are următoarea compoziţie:

Soluţie A
- Sulfit de sodiu anhidru, 75 g
- Metabisulfit de potasiu, 18 g
- Pirogalol, 18 g
- Apă pînă la 1 ooo ml

Soluţie B
- Carbonat de sodiu anhidru, 55 g
- Apă pînă la 1 ooo ml

Soluţiile se conservă bine şi nu dau imagini colorate.

Pentru developarea negativelor de contrast se amestecă înainte de folosire un volum din soluţia A cu un volum din soluţia B şi un volum de apă. Pentru developarea negativelor moi se amestecă în momentul folosirii un volum din soluţia A cu un volum din soluţia B şi două volume de apă.

Durata de developare este de 5-6 min la temperatura de 2o°C.

Revelatorii cu metol sînt folosiţi, în general, ca revelatori de granulaţie fină pentru filmele negative.

Revelator cu metol

- Apă pînă la 1 ooo ml
- Metol, 9 g
- Sulfit de sodiu anhidru, 2o g
- Borax cristalizat, 2o g
- Carbonat de sodiu anhidru, 5,5 g
- Bromură de potasiu, o,5 g.

Scanned with OKEN Scanner

b. Revelatori cu agenţi micşti de developare. Revelatori cu metol-hidrochinonă.

Revelatorul cu compoziţia următoare, denumit şi revelator universal, dă rezultate foarte bune pentru majoritatea emulsiilor negative sau pozitive:

Apă pînă la 1 ooo ml
Metol, 2 g
Sulfit de sodiu anhidru, 35 g
Hidrochinonă, 5 g
Carbonat de sodiu anhidru, 25 g
Bromură de potasiu, 1 g

Pentru un contrast mediu se developează 5 min la 18°C. Pentru a obţine contraste mai joase, revelatorul se diluează, după caz, în raportul 1/1 sau 1/2 cu apă.

Revelatori cu fenidonă. Revelatorul denumit ID.62 reprezintă un revelator universal ce poate fi folosit atît pentru negative cît şi pentru pozitive. Prin diluţie în proporţie diferită cu apă se pot obţine diferite contraste. Acesta are următoarea compoziţie:

Apă pînă la 1 ooo ml
Sulfit de sodiu anhidru, 5o g
Hidrochinonă, 12 g
Fenidonă, o,5 g
Carbonat de sodiu anhidru, 6o g
Bromură de potasiu, 2 g

În continuare se dau diluţiile revelatorului şi durata de developare la 2o°C pentru utilizarea revelatorului în diferite scopuri:

| | Diluţia Rev. | Apă | Durata de developare |
|---|---|---|---|
| Negative developate vertical în cuve mari | 1 p | 7 p | 4–8 min |
| Negative developate în tavă | 1 p | 3 p | 2–4 min |
| Hîrtii bromură | 1 p | 3 p | 15–2 min |
| Hîrtii clorură | 1 p | 1 p | 45 s |

Revelatori pentru granulaţie fină. Aceştia sînt revelatori lenţi, în care developarea se opreşte la o valoare a contrastului de o,6–o,7. Ei conţin, în general,o cantitate mai redusă de substanţă alcalină. Un astfel de revelator cu un larg uz practic este revelatorul Kodak D–76, cu următoarea compoziţie:

Apă pînă la 1ℓ
Metol, 2 g
Sulfit de sodiu anhidru, loo g
Hidrochinonă, 5 g
Borax cristalizat, 2 g

Revelatori pentru hîrtii bromură. Revelatorii pentru emulsii pozitive sînt revelatori de contrast. Ei dau nuanţe puternice de negru şi developează rapid, voalul fiind foarte redus.

În acest scop se poate folosi orice revelator universal metol-hidrochinonă, cu o durată de developare de 1–2 min. În afară de revelatorul universal indicat anterior, se mai dă cu titlu orientativ şi revelatorul denumit Kodak 72.

| | Kodak 72 |
|---|---|
| Apă pînă la | 1 ooo mℓ |
| Metol | 3 g |
| Sulfit de sodiu anhidru | 45 g |

| | |
|---|---|
| Hidrochinonă | 12 g |
| Carbonat de sodiu anhidru | 67,5 g |
| Bromură de potasiu | 2 g |

Condiţii de utilizare

| | | |
|---|---|---|
| Pentru hîrtii | Diluţie 1 vol.rev. la 3 vol.apă | 1 vol.rev.la 1 vol.apă |
| | Durata developării 1-2 min la 21°C | 2 min la 10°C |
| Diapozitive | Diluţie 1 vol. apă la 1 vol. revelator | |
| | Durata developării 1-2 min la 21°C | |

Revelatori caustici pentru contrast maxim. Pentru developarea imaginilor la un contrast foarte ridicat se folosesc adesеori revelatori cu hidrochinonă şi hidroxid de sodiu care, fiind foarte alcalini, au o activitate foarte mare. Aceştia sînt indicaţi pentru developarea imaginilor de contrast foarte ridicat, cu nuanţe ridicate de negru, ca, de exemplu, diapozitivele pentru lucrări fotomecanice.

Băile revelatoare caustice (cu hidroxid de sodiu) au inconvenientul că atacă gelatina, de aceea nu trebuie lăsate să acţioneze un timp mai lung. Acestea se prepară nemijlocit înainte de folosire, prin amestecarea unei soluţii A (ce conţine agentul de developare) cu o soluţie B ( ce conţine substanţa alcalină).

În continuare se dau cîteva exemple de revelatori caustici:

| Soluţie | Kodak D 8 | AGFA 1 | AGFA 2 |
|---|---|---|---|
| Apă pînă la | 1 ℓ | 500 mℓ | 500 mℓ |
| Sulfit de sodiu anhidru | 90 g | - | - |
| Metabisulfit de potasiu | - | 5 g | 12,5 g |
| Hidrochinonă | 4,5 g | 5 g | 12,5 g |

| | | Kodak D 8 | AGFA 1 | AGFA 2 |
|---|---|---|---|---|
| Soluţie B | Hidroxid de sodiu | 37,5 g | - | |
| | Bromură de potasiu | 3 g | | |
| | Apă | - | 500 ml | 500 ml |
| | Hidroxid de potasiu | - | 25 g | 25 g |
| | Apă pentru diluţie | 500 ml | - | - |
| | Durata de developare | 2-3 min | | |

Înainte de fixare, materialul se spală bine, pentru a împiedica colorarea stratului de emulsie, şi se fixează într-un fixator tanant.

## C. Cinetica reacţiei de developare a imaginilor fotografice

### 1. Generalităţi asupra cineticii procesului de developare

După cum se ştie, developarea este reacţia de reducere la argint metalic a grăunţilor de halogenuri de argint impresionaţi de lumină care conţin centre de imagine latentă developabili (centre de developare).

În reacţia de developare, fiecare centru de developare acţionează ca o unitate separată. Developarea unui grăunte impresionat începe într-unul sau mai multe puncte în jurul centrelor de developare şi se întinde progresiv la întregul cristal.

Numeroase experienţe au arătat că developarea este o reacţie autocatalitică, în care argintul centrelor de developare funcţionează drept catalizator, pentru reducerea ionilor de argint ai grăunţilor de emulsie. Viteza de developare creşte (reacţia de reducere se accentuează) pe măsură ce dimensiunea germenului de developare creşte. Această accelerare a develo-

pării se opreşte după un anumit timp, cînd viteza de reducere devine constantă şi apoi scade. Acest lucru este ilustrat în figura 32, care reprezintă variaţia vitezei de developare, în funcţie de durata developării.

După viteza cu care decurg reacţiile chimice, ele se împart în: instantanee, rapide, lente, foarte lente. Pentru ultimele două se poate determina viteza de reacţie, care este o caracteristică foarte importantă. Prin viteza de reacţie se înţelege variaţia concentraţiei reactanţilor(substanţelor care intră în reacţie) în unitatea de timp. De aici, rezultă că viteza de reacţie nu este o valoare constantă pentru o anumită reacţie, ci variază pe măsură ce concentraţia reactanţilor se schimbă.

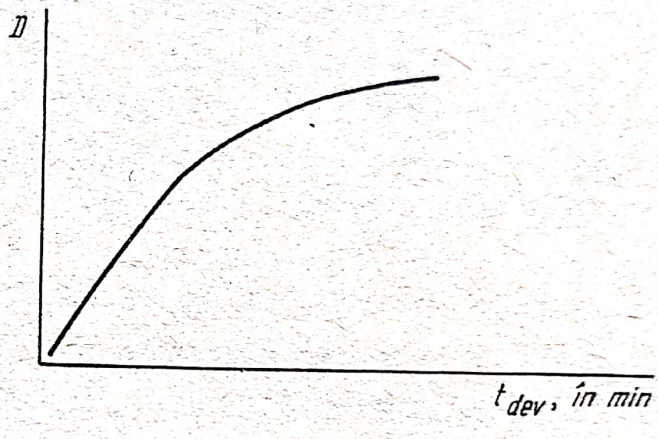



Fig.32. Variaţia vitezei de developare în funcţie de durata developării.

Astfel, la început ea are o valoare maximă care descreşte pe măsură ce reactanţii se consumă în reacţia dată. La reacţiile totale, final viteza ajunge egală cu zero, la reacţiile reversibile, ea atinge o valoare care rămîne constantă, dacă condiţiile de lucru nu se schimbă.

Există o serie de factori care influenţează viteza reacţiilor chimice, cum sînt: temperatura (creşterea temperaturii duce la creşterea vitezei de reacţie), concentraţia reactanţilor ( creşterea concentraţiei măreşte viteza de reacţie), uneori presiunea şi catalizatorii. Catalizatorii sînt substanţe care participă la reacţie, dar nu se regăsesc în produsul final. Ei au o influenţă puternică asupra mersului reacţiilor, mărind viteza acestora. De exemplu, în reacţia de reducere a bromurii de argint cu ajutorul revelatorilor, rolul de catalizator îl are însuşi argintul metalic format.

Pe măsură ce se formează atomi de argint prin reducerea ionilor, viteza reacţiei de developare creşte la început, în loc să scadă cum ar fi de aşteptat, datorită descreşterii concentraţiei de revelator şi de AgBr.

Fiecare reacţie de developare este caracterizată printr-o perioadă de inducţie în care imaginea vizibilă nu apare şi a cărei durată depinde de activitatea revelatorului şi de gradul de dispersie al imaginii. Din momentul cînd imaginea vizibilă începe să apară, densitatea de înnegrire creşte mai întîi cu timpul de developare, pînă la o valoare maximă, după care începe să scadă. În figura 33 este reprezentată variaţia densităţii de înnegrire în funcţie de durata developării.

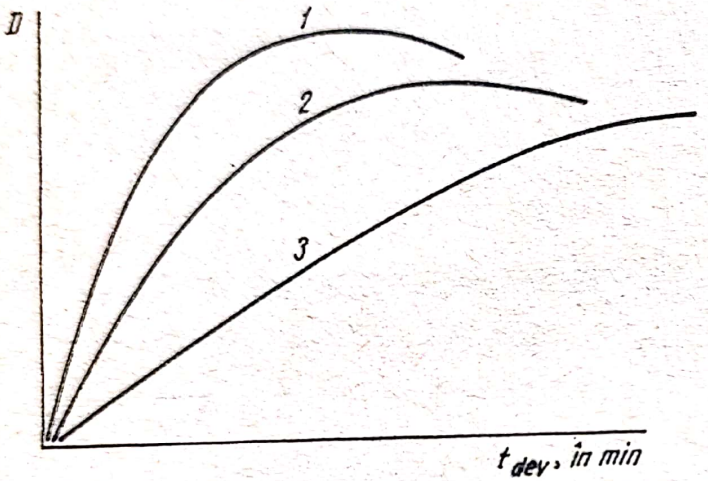



Fig.33. Variaţia densităţii de înnegrire în funcţie de timpul de developare pentru trei revelatori diferiţi (1,2,3).

## 2. Factori care modifică cinetica procesului de developare

Reacţia de developare este o reacţie de reducere cu caracter complex. Viteza sa depinde de numeroşi factori, dintre care cei mai importanţi sînt:

- activitatea revelatorului;
- gradul de dispersie a imaginii latente (dimensiunea medie a centrelor de imagine latentă);
- viteza de difuzie a componentelor băii de developare în stratul de emulsie;
- viteza de difuzie a produşilor de oxidare ai revelatorului din stratul de emulsie;
- temperatura.

Cu cît imaginea latentă este mai dispersată, cu atît reacţia de developare se iniţiază şi decurge mai lent.

S-a arătat că viteza procesului de developare este determinată de viteza procesului celui mai lent. Experienţele au arătat că viteza procesului de oxidoreducere este incomparabil mai mare decît aceea a proceselor de difuzie menţionate mai sus. Acesta din urmă este factorul principal care determină viteza developării.

Procesul de difuzie a revelatorului din soluţie în stratul de emulsie ca şi a produşilor de oxidare din strat spre soluţie este influenţat de temperatura băii de developare, de grosimea şi gradul de tanare a stratului de gelatină. Ridicarea temperaturii accelerează difuzia, pe cînd creşterea grosimii stratului de emulsie şi a gradului de tanare a acestuia o frînează.

Difuzia componenţilor băii de developare în stratul de emulsie ca şi a produşilor de oxidare din emulsie spre exterior poate fi influenţată favorabil printr-o uşoară agitare a revelatorului în mod uniform în toată masa sa.

Acest lucru se realizează fie printr-o mişcare lentă a tăvii de developare, fie prin barbotarea, cu un debit redus, a unui gaz inert, în soluţia revelatorului. Cel de-al doilea procedeu se aplică în mod curent la instalaţiile automatizate de prelucrare. Gazul barbotat este, în general, azot sau argon.

## 3. Influenţa concentraţiei componenţilor băii de developare asupra cineticii developării

Ridicarea concentraţiei componenţilor soluţiei revelatoare are un efect diferit asupra vitezei de developare, în funcţie de natura agentului folosit.

<u>Influenţa concentraţiei agentului revelator</u>. Ridicarea concentraţiei agentului revelator între anumite limite duce la ridicarea vitezei de developare, după cum rezultă din fi-

gura 34. Dacă concentraţia agentului de developare depăşeşte o anumită limită, viteza de developare nu mai este influenţată în sens favorabil şi se obţine în acelaşi timp o creştere simţitoare a voalului. Diluarea revelatorului duce la efectul

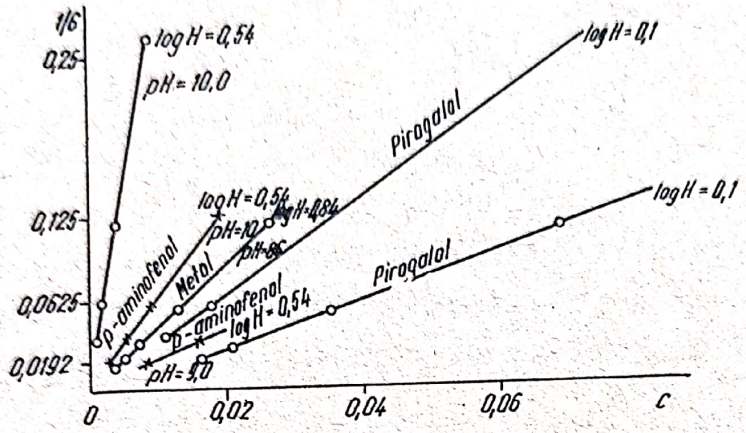


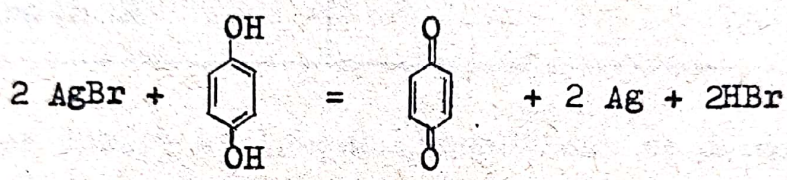

Fig.34. Variaţia vitezei de developare în funcţie de concentraţia de agent revelator în baie.

contrar, adică la reducerea vitezei de developare. Din acest motiv, diluarea revelatorului într-un anumit raport, de exemplu 1/2 sau 1/4 transformă un revelator rapid într-un revelator normal sau lent.

Influenţa concentraţiei substanţei alcaline. După cum s-a arătat, substanţa alcalină adăugată la revelator are rolul de a neutraliza acidul bromhidric rezultat în timpul developării şi a menţine constantă concentraţia ionilor $HO^-$ în timpul developării. In cazul revelatorilor organici, disociabili în mediu alcalin, ridicarea concentraţiei de substanţă alcalină duce la o ridicare importantă a vitezei de developare. Revelatorii cei mai activi sînt în majoritatea cazurilor aceia care conţin o cantitate importantă de substanţă alcalină şi agent revelator. Influenţa adaosului de substanţă alcalină asupra vitezei de developare este în strînsă legătură cu natura agentului revelator. De exemplu, revelatorii pe bază de hidrochinonă şi în general polifenolii, pentru a fi suficient de activi, necesită o cantitate importantă de substanţă alcalină. Dimpotrivă, revelatorii din grupa

aminofenolului, aminofenolii substituiţi, necesită o cantitate relativ redusă de substanţă alcalină pentru a deveni suficient de activi. Aceasta înseamnă că ei developează la o valoare mai joasă a concentraţiei ionilor de $HO^-$.

Influenţa substanţei antivoal. Adăugarea de substanţă antivoal în revelator (bromură de potasiu, benzotriazol) are, după cum s-a arătat, un rol contrar adaosului de substanţă alcalină. Prezenţa substanţei antivoal frînează reacţia de reducere. Această influenţă a substanţei antivoal asupra reacţiei de developare poate fi explicată pe baza ecuaţiei de mai jos:



$$2\,AgBr + \text{(hidrochinonă)} = \text{(chinonă)} + 2\,Ag + 2HBr$$

În prezenţa unui exces de ioni de brom, conform legii acţiunii maselor cunoscute din chimie, echilibrul reacţiei este deplasat spre stînga, deci reacţia de reducere a ionilor de brom este frînată. Se înţelege că ridicarea concentraţiei ionilor de brom are drept efect încetinirea reacţiei de developare. În realitate, ridicarea concentraţiei agentului antivoal în soluţia revelatoare, lungeşte perioada de inducţie a developării şi frînează cu prioritate iniţierea reacţiei de reducere pe centrele de voal, care au în general dimensiuni mai mici decît centrele de imagine latentă developabile.

Influenţa substanţei conservante asupra vitezei de developare. Ridicarea concentraţiei substanţei conservante în revelator poate avea o influenţă variabilă asupra vitezei de developare, în funcţie de natura agentului revelator. Acţiunea specifică a sulfitului de sodiu asupra vitezei de developare pentru diferiţi revelatori este prezentată în tabela 6. După cum se vede, în cazul revelatorilor din grupa polifenolilor, în particular a hidrochinonei, prezenţa sulfitului de sodiu frînează reacţia de developare. Pentru majoritatea ce-

Tabela 6

Acţiunea sulfitului asupra vitezei de developare

| Agentul de developare | Acţiunea sulfitului |
|---|---|
| Hidrochinonă | Descreşte |
| Pirogalol | Descreşte |
| p-Oxifenilglicin | Descreşte |
| p-Aminofenol | Creşte |
| Metol | Creşte |
| Dietilparafenilendiamină | Creşte |
| Hidroxilamină | Creşte |
| Feroxalat | Nici un efect |

lorlalţi agenţi de developare, adaosul de sulfit de sodiu la revelator favorizează reacţia de oxidoreducere. Influenţa concentraţiei de sulfit de sodiu asupra reacţiei de developare este dependentă de aceea a produşilor de oxidare a agentului de developare, formaţi în diverse cazuri.

## 4. Influenţa temperaturii asupra vitezei de developare

Viteza de developare, ca şi în cazul oricărei reacţii chimice, este puternic afectată de temperatură. Din acest motiv este necesar ca temperatura de developare să fie riguros respectată şi menţinută constantă pe toată durata developării.

În scopul de a aprecia în mod teoretic variaţia vitezei de developare cu temperatura s-a definit o mărime denumită coeficient de temperatură al developării. Aceasta reprezintă raportul vitezelor reacţiei de developare la două temperaturi diferite care variază între ele prin $1^{o}C$. Coeficientul de temperatură al developării a, se exprimă deci prin relaţia:

$$a = \frac{V_{T+1o}}{V_T},$$

unde:

$V_{T+1o}$ este viteza de developare la temperatura T+1o°C;

$V_T$ - viteza de developare la temperatura T.

În practică, acest mod de exprimare a coeficientului de temperatură s-a dovedit incomod. De aceea, adesea se defineşte coeficientul de temperatură al developării pentru uzul practic, raportul între duratele de developare necesare pentru a atinge aceeaşi densitate de developare sau un contrast dat de două temperaturi care diferă între ele cu 1o°C, şi anume:

$$a' = \frac{t_{(T)}}{t_{(T+1o)}},$$

unde:

a' este coeficientul de temperatură;

$t_{(T)}$ - durata necesară developării pentru a atinge o densitate sau un contrast dat la temperatura T°C;

$t_{(T+1o)}$ - durata necesară developării pentru a atinge aceeaşi densitate sau contrast la temperatura T + 1o°C.

În mod obişnuit, coeficientul de temperatură al developării variază de la un revelator la altul ca şi în funcţie de natura emulsiei. Totuşi, pentru majoritatea cazurilor variază în jurul lui 2, mai rar poate atinge valori sub 1,5 sau pînă la 3.

Cunoscînd coeficientul de temperatură al developării pentru un revelator dat şi durata developării la o temperatură dată T, se poate calcula durata necesară de developare la o altă temperatură T', pentru a developa imaginea pînă la aceeaşi densitate sau contrast.

Ca exemplu se presupune că pentru a developa o imagine pînă la o densitate 2, la temperatura de 15°C, durata de developare este de 15 min. Ştiind că pentru revelatorul folo-

sit coeficientul de temperatură al developării este de 2,2,să se calculeze durata developării pentru a atinge aceeaşi densitate la temperatura de 25°C.

Înlocuind valorile cunoscute în relaţia lui a', şi anume:

$$t_{(15^{\circ}C)} = 15 \text{ min};$$
$$a = 2,2,$$

se află:

$$t_{(25^{\circ}C)} = \frac{15}{2,2} = 6,9 \approx 7 \text{ min.}$$

În mod similar, pe baza relaţiei coeficientului de temperatură al developării, se poate aprecia durata de developare la o temperatură ce diferă cu 1°C sau cu cîteva grade faţă de temperatura indicată.

Se presupune că, pentru a developa o imagine în condiţii bune, cu un revelator dat, se indică o durată de prelucrare de 1o min la temperatura de 2o°C. Neavînd posibilitatea de a obţine această temperatură, se va afla care este durata probabilă de developare la temperatura de 23°C, considerînd coeficientul de temperatură al developării de 2,2. Presupunînd că în intervalul a 1o°C viteza de developare variază liniar cu temperatura, rezultă că variaţia duratei de developare pentru o variaţie a temperaturii de 1°C va fi de o,55 min. Durata necesară developării la temperatura de 23°C va fi de:

$$t' = 1o - (o,55 \times 5) = 7,25 \text{ min} \approx 7 \text{ min.}$$

## 5. Selectivitatea revelatorilor

Selectivitatea revelatorilor determină măsura în care un revelator este capabil să developeze în mod selectiv imaginea în raport cu voalul. Această proprietate se exprimă prin mărimea:

$$U = k. \frac{V_i}{V_f},$$

unde:

k este un coeficient de proporţionalitate;

$V_f$ - viteza de developare a voalului;

$V_i$ - viteza de developare a imaginii.

Pentru stadiile incipiente ale developării, viteza de developare a imaginii este mai mare decît viteza de developare a voalului. Pe măsură ce developarea continuă, viteza de developare a imaginii scade în timp ce viteza de developare a voalului variază liniar sau creşte cu durata developării. Dependenţa densităţii imaginii şi a voalului, respectiv în funcţie de timpul de developare, este reprezentată în figura 35.

Din această figură rezultă că valoarea raportului $V_i/V_f$ scade pe măsură ce developarea continuă. Cînd mărimea $V_i/V_f$ coboară la valoarea 1, se consideră că developarea este terminată şi acest moment este luat ca durată maximă a developării.

Variaţia raportului $V_i/V_f$ care determină selectivitatea unui revelator în funcţie de durata developării este reprezentată în figura 36, din care reiese că selectivitatea reve-

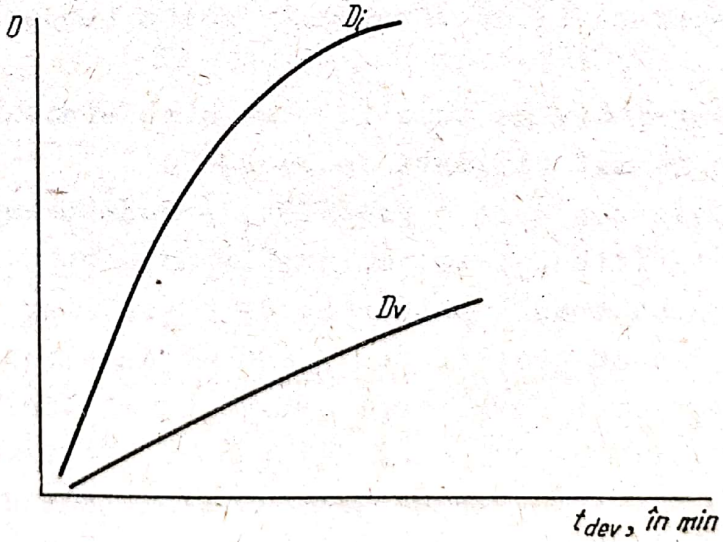



Fig.35. Variaţia vitezei de developare a imaginii şi a voalului în funcţie de timpul de developare: $D_i$ - densitatea imaginii; $D_v$ - densitatea voalului.

latorului variază în timpul developării şi scade pe măsură ce developarea se prelungeşte. Valorile particulare ale lui $V_i$ şi $V_f$ variază de la un revelator la altul. Selectivitatea revelatorilor este puternic influenţată de temperatură, întrucît valorile particulare ale lui $V_i$ şi $V_f$ depind de temperatură.

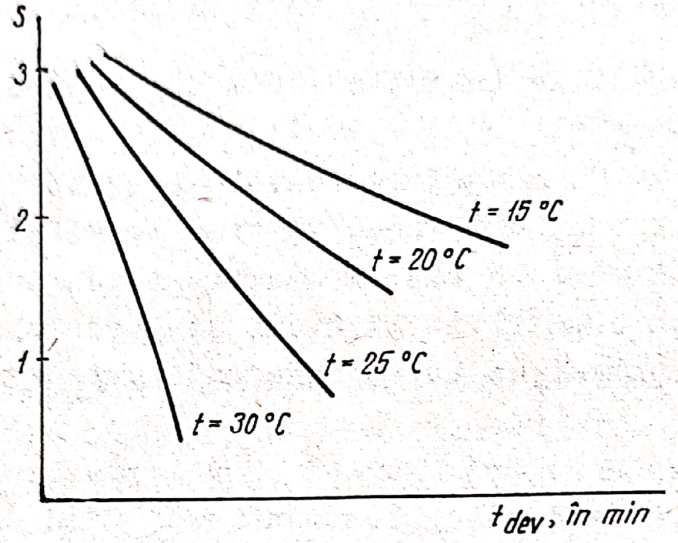



Fig.36. Variaţia selectivităţii unui revelator în funcţie de durata developării, la diferite temperaturi.

În general, cu creşterea temperaturii viteza de developare a voalului creşte mai puternic decît viteza de developare a imaginii şi de aceea selectivitatea revelatorilor scade prin ridicarea temperaturii de developare peste temperatura de 18-20°C.

Din acest motiv nu este indicat a se efectua developări la o temperatură mai ridicată de 20-22°C.

Selectivitatea este o proprietate foarte importantă pentru revelatorii folosiţi în poligrafie, unde este necesar ca imaginile să aibă tonuri puternice de negru, iar voalul o densitate cît mai mică posibil în raport cu densitatea imaginilor. Asigurarea unei developări selective impune respectarea cu stricteţe a temperaturii de developare, evitarea folosirii unor revelatori uzaţi, respectarea duratei necesare de developare pînă la atingerea contrastului dorit.

6. Acceleratori ai developării

S-a observat că adăugarea de anumite substanţe la un revelator creşte viteza de developare. Din această categorie fac parte anumiţi coloranţi cationici adăugaţi în mici cantităţi revelatorilor. Dintre coloranţii cu o asemenea acţiune sînt citaţi: pinacriptolul, fenosafranina, pinacromul, etc. Un efect similar îl au unele săruri cuaternare, în particular bromura de laurilpiridină, care accelerează puternic developarea cu hidrochinonă, în special la început.

Folosirea de acceleratori la developare are rolul de a scurta sensibil perioada de inducţie a developării.

Acţiunea substanţelor acceleratoare diferă de la un revelator la altul, în funcţie de specificul ionului reducător. Ele au o acţiune energică în cazul revelatorilor cu funcţii acide (polifenoli) şi sînt practic ineficace în cazul revelatorilor cu funcţii bazice (diamine sau aminofenoli).

## Capitolul V

## PROCESE DE PRELUCRARE ULTERIOARE DEVELOPĂRII

### A. Oprirea, fixarea şi spălarea straturilor developate

Procesele ce urmează developării în ordinea succesiunii lor sînt: oprirea developării imaginii (faclutativ), fixarea spălarea şi uscarea.

1. Baia de oprire

Baia de oprire care urmează de multe ori developării întrerupe rapid acţiunea revelatorului asupra stratului sensibil prin neutralizarea alcaliilor rămase şi coborîrea activităţii revelatorului rezidual.

Baia de oprire reprezintă o soluţie acidă, în mod obişnuit o soluţie diluată de acid acetic o,5-2 %. Se mai pot folosi în acelaşi scop băi acide de metabisulfit de potasiu,bisulfit de sodiu, citrat monosodic în concentraţii de cîteva procente. Pentru a împiedica umflarea gelatinei stratului fotografic, soluţiei acide i se mai adaugă uneori şi sulfat de sodiu. Un exemplu de baie de oprire este următorul:

- apă pînă la 1 ℓ ;
- sulfat de sodiu anhidru 45 g;
- acid acetic cobcentrat, 2o ml.

Durata de imersionare în baia de oprire este de la cîteva secunde pînă la 2-3 min. Se pot prepara şi băi de oprire tanante, care conţin ca agent de întărire alaun de crom sau aluminiu cu potasiu. Acestea sînt folosite pentru negative.

Activitatea băilor de oprire scade foarte repede prin folosire, de aceea ele trebuie reîmnoite foarte des.

În foarte multe cazuri, baia de oprire se înlocuieşte cu o simplă baie de apă rece, în care se clăteşte materialul fotografic după developare înainte de introducerea în fixator. În acest caz, materialul se spală 3o s-12 min într-un curent de apă curgătoare sau într-o cuvă cu apă cu circulaţie continuă. Clătirea filmului sau a hîrtiei fotografice în baia de apă are drept scop îndepărtarea din stratul fotografic a revelatorului rezidual, a produşilor de oxidare a acestuia, ca şi a substanţelor alcaline, care sînt puternic reţinute de gelatină.

Spălarea intermediară în apă ca şi baia de oprire împiedică colorarea stratului de emulsie la fixare în roşu-brun sau apariţia de pete roşii-brune pe material sub acţiunea produşilor de oxidare ai revelatorului. Asemenea pete pot apărea şi în cazul unei spălări insuficiente.

Scanned with OKEN Scanner

2. Fixarea

a. Principiul fixării. După spălarea intermediară sau după baia de oprire, materialul fotografic developat este supus operaţiei de fixare.

Prin fixare se înţelege operaţia de dizolvare a bromurii de argint neimpresionate a unui strat fotografic developat care nu a fost afectată prin procesul de developare.

Această operaţie face stratul sensibil, transparent şi permite păstrarea sa un timp îndelungat fără înnegrire ulterioară.

În baia de fixare, halogenura de argint neimpresionată trece prin dizolvare într-un produs incolor, solubil în apă, care poate fi îndepărtat uşor prin spălare. Îndepărtarea din strat a halogenurii de argint prin fixare are loc prin transformarea sa într-o sare complexă de metal alcalin şi argint, solubil în apă.

În practică se cunosc următoarele substanţe care dizolvă halogenurile de argint, formînd combinaţii complexe: tiosulfaţii de sodiu, de potasiu, de amoniu, de calciu, halogenurile alcaline, cianura de potasiu, tioureea. Solubilitatea cea mai ridicată o au însă halogenurile de argint în tiosulfaţi şi cianură. Întrucît cianurile sînt foarte toxice, în practică se folosesc pentru fixare aproape în exclusivitate tiosulfatul de sodiu şi tiosulfatul de amoniu. Tiosulfatul de sodiu este o sare cristalină albă foarte uşor solubilă în apă rece, şi mai ales în apă caldă. Soluţiile sale pure, al căror pH variază în jurul valorii 7, se oxidează la aer prin păstrare. Ele se descompun în mediu acid la un pH mai mic decît 4, conform reacţiei:

$$Na_2S_2O_3 \xrightarrow{H^+} S + Na_2SO_3$$

Prin descompunere rezultă sulf coloidal, care dă un aspect lăptos soluţiei sau poate chiar să precipite. Această reacţie se observă uneori la băile de fixare care au fost prea puternic acidulate.

Prin dizolvarea unei halogenuri de argint, de exemplu a bromurii de argint în tiosulfat de sodiu, în cazul cînd halogenura de argint este în exces, se formează conform reacţiei următoare tiosulfatul de argint, sare insolubilă:

$$2\ AgBr + Na_2S_2O_3 \longrightarrow 2\ NaBr + Ag_2S_2O_3$$

Acesta se descompune uşor cu formare de sulfură de sodiu, compus brun, care precipită:

$$Ag_2S_2O_3 + H_2O \longrightarrow Ag_2S + H_2SO_4$$

Prin dizolvarea bromurii de argint în prezenţa unui exces de tiosulfat de sodiu se formează o serie de complecşi de tiosulfat de sodiu şi argint. Cînd excesul de tiosulfat de sodiu este mic, aceştia sînt insolubili, sau greu solubili în apă. Cu cît excesul de tiosulfat de sodiu este mai mare faţă de cantitatea de AgBr dizolvată, cu atît se formează compuşi complecşi mai solubili.

Soluţiile de fixare conţin un mare exces de tiosulfat de sodiu în raport cu halogenura de argint dizolvată. În aceste condiţii rezultă compuşi solubili care pot fi îndepărtaţi uşor prin spălare.

Complecşii de tiosulfat de sodiu şi argint rezultaţi prin fixare care prezintă importanţă practică sînt următorii:

$Na\left[Ag(S_2O_3)\right]$ compus greu solubil în apă, dar uşor solubil în tiosulfat de sodiu;

$Na_3\left[Ag(S_2O_3)_2\right]$ compus foarte solubil în apă.

Dizolvarea halogenurii de argint la fixare decurge în două etape, după schema:

$$AgBr + Na_2S_2O_3 \longrightarrow Na\left[Ag(S_2O_3)\right] + NaBr \qquad I$$

$$Na\left[Ag(S_2O_3)\right] + Na_2S_2O_3 \longrightarrow Na_3\left[Ag(S_2O_3)_2\right] \qquad II$$

În momentul cînd toată bromura de argint s-a transformat în prima combinaţie, la sfîrşitul primei etape, stratul devine transparent. Dar procesul de fixare nu poate fi considerat terminat în acest moment, întrucît $Na\left[Ag(S_2O_3)\right]$ care ar rămîne nespălat în stratul fotografic se decompune în timp cu formare de $Ag_2S$ şi colorarea stratului în galben-brun. De aceea este necesar ca fixarea să fie prelungită, pentru ca reacţia menţionată să depăşească faza II, adică tot argintul să treacă în complexul $Na_3\left[Ag(S_2O_3)_2\right]$ uşor solubil în apă. Pe baza acestor date se consideră că durata fixării trebuie să fie prelungită încă peste momentul cînd stratul fotosensibil devine transparent.

În cazul soluţiilor de fixator proaspăt, reacţia decurge direct cu formarea complexului solubil, astfel că fixarea se poate considera terminată imediat după clarificare. În cazul fixatorilor spre epuizare este necesar ca fixarea să fie prelungită mai mult după clarificarea stratului. Cel mai indicat este să se termine fixarea cu fixator proaspăt care dizolvă în orice condiţii complexul insolubil rămas în strat. Acest procedeu se foloseşte curent pentru instalaţiile mari de developare.

b. <u>Componenţa băilor de fixare</u>. În mod obişnuit,o baie de fixare conţine următorii componenţi:

- agentul principal de fixare, care este în majoritatea cazurilor tiosulfatul de sodiu;
- un acid slab sau o sare acidă;
- o mică cantitate de sulfit de sodiu (facultativ).

Substanţa acidă poate fi acid acetic $CH_3 - COOH$, acid boric $H_3BO_3$, metabisulfit de sodiu $Na_2S_2O_5$ sau de potasiu $K_2S_2O_5$, bisulfit de sodiu $NaHSO_3$. Rolul acesteia este de a neutraliza alcaliile pe care le mai conţine stratul, după scoaterea din baia de developare şi clătire. În caz contrar, la

pH alcalin, stratul se colorează spre galben. Pe de altă parte, tiosulfatul de sodiu este instabil în mediu acid, descompunîndu-se cu formare de sulf coloidal, descompunerea fiind frînată în prezenţa sulfitului de sodiu. Adăugarea de mici cantităţi de sulfit de sodiu în fixator are tocmai acest rol de a frîna descompunerea tiosulfatului de sodiu în mediu acid.

pH-ul uzual al unei băi de fixare este de 4-5, iar în cazuri speciale se ridică în jurul valorii de pH = 6 sau peste 6.

Întrucît prin adăugarea în fixator de metabisulfit de potasiu se degajă $SO_2$, se preferă acidularea cu acid acetic sau acid boric.

Fixatorii uzuali conţin:

tiosulfat de sodiu, 200-250 g/$\ell$ ;

metabisulfit de potasiu, 20-25 g/$\ell$ .

## 3. Factori care influenţează viteza de fixare

Pentru practica fotografică este deosebit de importantă cunoaşterea vitezei de fixare.

Dizolvarea halogenurii de argint în fixator este determinată de o serie de fenomene, şi anume:

- solubilitatea grăunţilor de halogenură de argint ai emulsiei în fixator;
- difuzia fixatorului în stratul de emulsie;
- difuzia produşilor de fixare în stratul de emulsie spre exterior.

Durata procesului de fixare pînă la clarificare este determinată de o serie de factori care influenţează direct fenomenele enumerate anterior şi anume:

- natura emulsiei (granulaţia şi compoziţia);
- concentraţia de tiosulfat a fixatorului;
- temperatura băii de fixare;
- natura cationului sării de tiosulfat;

Scanned with OKEN Scanner

- agitarea;
- prezenţa altor săruri.

Natura emulsiei influenţează viteza procesului de fixare prin mărimea medie a granulaţiei sale în sensul că emulsiile de granulaţie mai fină care oferă o suprafaţă mai mare de contact a emulsiei cu fixatorul se clarifică mai repede.Timpul de clarificare este, de asemenea, determinat şi de concentraţia în halogenură de argint a emulsiei, emulsiile mai diluate clarificîndu-se mai repede.

Concentraţia în tiosulfat a băii şi temperatura influenţează cel mai mult viteza de fixare. Durata de fixare scade între anumite limite cu creşterea concentraţiei în tiosulfat de sodiu, apoi rămîne constantă sau scade chiar dacă este concentraţia în agentul fixator creşte. Acest lucru este ilustrat în figura 37, unde sînt reprezentate curbele de variaţie ale duratei de fixare în funcţie de concentraţia în tiosulfat. Rezultă că concentraţia optimă de tiosulfat a unei băi de fixare este cuprinsă între 2oo şi 4oo g/ℓ .

Viteza de fixare creşte, de asemenea, prin ridicarea temperaturii.Aceasta nu poate însă depăşi o anumită limită(2o-22°C), întrucît provoacă înmuierea stratului de gelatină. Agitarea favorizează dizolvarea halogenurii de argint prin creşterea proceselor de difuzie a fixatorului din baie spre stratul de emulsie şi a produşilor de fixare din stratul de emulsie spre exterior.

S-a stabilit că viteza de fixare la concentraţia optimă este influenţată şi de natura cationului tiosulfatului ($Na^+$, $K^+$, $Ca^{2+}$, $NH_4^+$). Ionul cel mai activ din acest punct de vedere este amoniul.

În practică se preferă însă tiosulfatul de sodiu, deşi la tiosulfatul de amoniu viteza de fixare este mai mare. Datorită instabilităţii ridicate a complecşilor de argint formaţi cu tiosulfatul de amoniu, care colorează stratul de emulsie, tiosulfatul de amoniu este evitat.

4. Durata utilă a băii de fixare

O baie de fixare se epuizează cu mult înainte de a se atinge saturaţia în sarea dizolvată. Aceasta se datoreşte în mare măsură adsorbţiei pe stratul de gelatină a produşilor

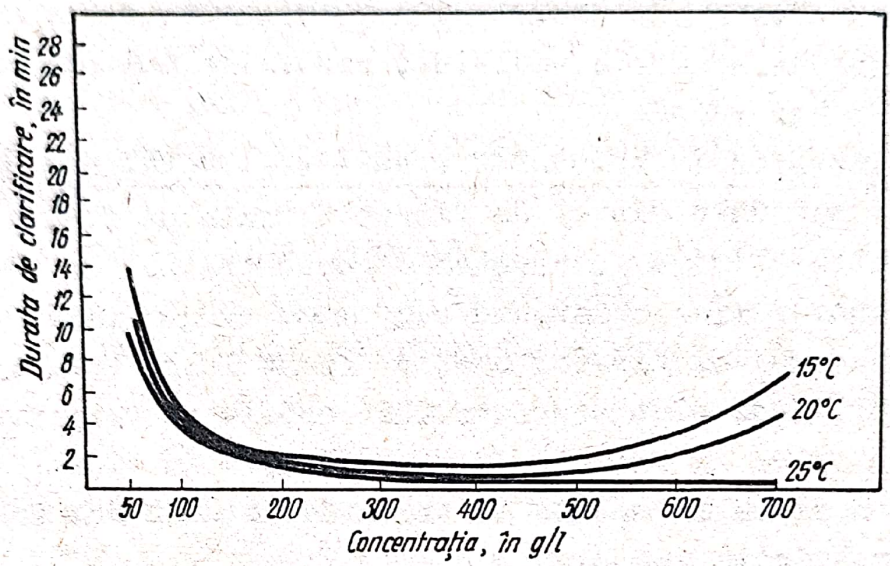



Fig.37. Curbe de variaţii ale duratei de fixare în funcţie de concentraţia în tiosulfat de sodiu.

argento-tiosulfurici rezultaţi. Cînd aceşti complecşi conţin un număr mare de ioni de argint, ei devin insolubili şi nu mai pot fi îndepărtaţi prin spălare. Ulterior, ei se descompun în timp, cu formare de sulfură de argint care colorează stratul fotografic în roşu-brun.

Se consideră că o soluţie de tiosulfat de sodiu 2o % poate fi utilizată pînă la o concentraţie maximă de 2o AgBr g/$\ell$ , adică o cantitate de AgBr conţinută în aproximativ 5oo $dm^2$ de film negativ. La o asemenea concentraţie de ioni de argint în fixator, timpul de clarificare este de 9 min la temperatura camerei, în raport cu 4 min cît este necesar pentru o soluţie proaspătă (fig.37).

Fixatorul de consideră epuizat şi neutilizabil atunci cînd fixarea decurge lent şi stratul fotografic fixat capătă o coloraţie gălbuie.

## 5. Tipuri de fixatori

În practică se folosesc două categorii de fixatori: fixatori acizi netananţi şi fixatori tananţi.

Fixatori acizi netananţi sînt băile obişnuite de fixare a căror compoziţie s-a menţionat anterior. Utilizarea acestora într-o serie de cazuri şi mai ales în anotimpurile călduroase nu este satisfăcătoare. Din această cauză s-au introdus fixatorii cu acţiune tanantă. Tanarea măreşte rezistenţa mecanică a stratului, micşorînd posibilitatea deteriorării lui în timpul manipulărilor ulterioare, prin ridicarea punctului de înmuiere a gelatinei. Tanarea reduce în acelaşi timp gradul de umflare al gelatinei stratului fotografic în timpul spălării. Fixatorii tananţi reprezintă o clasă de fixatori acizi în care s-a introdus un agent tanant al gelatinei. Ca agenţi de tanare se folosesc în general alaunii. Alaunul este o sare dublă a unui metal trivalent, ca aluminiu, fier, crom, cu un metal alcalin sau amoniu.

Acţiunea de tanare a alaunilor depinde puternic de pH. Domeniul de pH în care fixatorii tananţi pot fi utilizaţi poate fi lărgit folosind ca agent de acidulare acidul boric.

În practică se pot folosi ca agenţi tananţi ai fixatorilor alaunul de aluminiu şi potasiu [ sulfatul dublu de aluminiu şi potasiu $KAl(SO_4)_2$ ] şi alaunul de crom [ sulfatul dublu de crom şi de potasiu $KCr(SO_4)_2$ ] . Alaunul de aluminiu este de preferat, întrucît acţiunea sa tanantă depinde mai puţin de variaţiile pH-ului soluţiei. Alaunul de aluminiu acţionează într-un interval de pH relativ larg, 3,5 - 6, şi are un efect maxim pentru un pH = 4. Alaunii se folosesc în cantităţi de cîteva grame la litru.

## 6. Acţiunea de coroziune a soluţiilor de fixare

S-a observat că la o acţiune prelungită a soluţiei de fixator asupra stratului fotografic developat, imaginea diminuează treptat în densitate. Acest fenomen a fost denumit e f e c t d e c o r o z i u n e a băilor de fixare. Efectul de coroziune este greu de explicat, deoarece se ştie că tiosulfatul de sodiu nu are acţiune dizolvantă asupra argintului metalic. Pe de altă parte, s-a observat că efectul de coroziune a imaginii în băile de fixare este accelerat de o serie de factori, ca, de exemplu: prezenţa oxigenului atmosferic sau a oxidanţilor, ridicarea aciditătii soluţiei de fixare etc. Soluţiile de fixator care conţin o cantitate mai ridicată de metabisulfit, de acid acetic sau sînt menţinute multă vreme descoperite la aer, într-o atmosferă oxidantă, produc un efect mai ridicat de coroziune. Pe baza acestor observaţii s-a ajuns la concluzia că efectul de coroziune nu se datoreşte tiosulfatului în sine, ci produşilor de oxidare ai acestuia care se formează într-o cantitate mai mare în condiţiile menţionate mai sus.

Efectul de coroziune poate fi prevenit sau frînat prin introducerea unei anumite cantităţi de sulfit de sodiu în fixator (2-20 g) şi folosirea de apă fiartă sau distilată la prepararea fixatorului.

## 7. Regenerarea soluţiilor de fixare

Într-o serie de unităţi în care se prelucrează cantităţi mari de materiale fotografice, ca de exemplu în laboratoarele de prelucrare a peliculei de cinematografie, este indicat a se regenera fixatorul şi a se recupera argintul din băile de fixare epuizate. După cum se ştie, soluţiile epuizate de fixator conţin cantităţi importante de argint: 4-20 g/$\ell$ .

Se înţelege că în cazul manevrării de sute de litri de fixator pe zi, recuperarea argintului din fixatorul epuizat devine o operaţie rentabilă.Această operaţie este însoţită în majoritatea cazurilor, sau are drept rezultat, regenerarea fixatorului.

Procedeele chimice cele mai importante de recuperare a argintului din fixatorul epuizat sînt: procedeul cu sulfură de sodiu şi procedeul de reducere cu pulbere de zinc. Ambele procedee se pot conduce astfel încît să rezulte şi recuperarea fixatorului.

Procedeul cel mai valoros şi cel mai economic este însă cel electrolitic. Procedeul electrolitic de recuperare a argintului din fixatorul epuizat se bazează pe reducerea electrolitică a argintului conform reacţiei: $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$.

Pentru ca reducerea să aibă loc, trebuie să existe în permanenţă în soluţie ioni de argint. Aceştia se formează prin disocierea sărurilor complexe ale tiosulfatului de sodiu cu argintul, care rezultă în procesul de fixare. Electroliza se efectuează într-o baie electrolitică de volum convenabil, umplută cu soluţia de regenerat, filtrată în prealabil. Soluţia se acidulează pentru a-i mări conductibilitatea electrolitică şi se adaugă o anumită cantitate de sulfit de sodiu. Se recomandă de asemenea adăugarea unei mici cantităţi de gelatină (o,ol-o,ool%). Drept electrozi se folosesc un catod din oţel inoxidabil şi un anod de grafit. În timpul electrolizei se efectuează o agitare puternică a soluţiei. Densitatea de curent folosită depinde de concentraţia de argint în soluţie şi de gradul de agitare.

Prin electroliză, argintul recuperat se depune la catod, iar în baie rămîne fixatorul regenerat. Pentru o nouă reutilizare, acestuia trebuie să i se adauge o anumită cantitate de tiosulfat de sodiu, operaţie numită de reîmprospătare.

Regenerarea argintului cu sulfură de sodiu este procedeul chimic cel mai folosit. În acest scop, soluţia de fixator se evaporă la 1/4 din volumul său. În acest fel, din soluţia care devine suprasaturată se depun cristale de tiosulfat de sodiu. Soluţia reziduală se foloseşte pentru recuperarea argin-

tului. Soluţiei i se adaugă o cantitate de substanţă alcalină şi apoi o soluţie de sulfură de sodiu 5-10%. Dacă se are în vedere şi regenerarea fixatorului, este indicat a se evita un exces de sulfură de sodiu. După adăugarea sulfurii de sodiu precipită sulfura de argint. După aproximativ 24 h, precipitatul se separă prin filtrare, se spală cu apă, apoi cu acid, dacă precipitarea s-a făcut din fixator tanant pentru îndepărtarea $Al(OH)_3$. Sulfura de sodiu spălată se dizolvă cu acid azotic. Soluţia rezultată se fierbe pentru îndepărtarea hidrogenului sulfurat. Din soluţia rămasă, argintul se separă sub formă de sare de azotat de argint, prin cristalizare. Pentru purificare, substanţa rezultată se dizolvă şi se recristalizează. În cazul regenerării fixatorului, soluţiei rămase după separarea sulfurii de argint i se adaugă bisulfit de sodiu şi se încălzeşte la $100^{o}C$ pentru a se trece sulfura sub formă de tiosulfat.

Fixatorul regenerat se consideră bun pentru reutilizare numai dacă nu conţine nici măcar urme de sulfură de sodiu.

## 8. Spălarea straturilor fotografice prelucrate

Operaţia de spălare care urmează fixării are scopul de a elimina reactivii sau produşii secundari rămaşi în stratul de emulsie după prelucrare, care pot afecta imaginea developată.

Prin această operaţie se are în vedere, în primul rînd, îndepărtarea tiosulfatului de sodiu adsorbit de stratul de gelatină şi a complecşilor tiosulfurici formaţi în timpul fixării. Neîndepărtarea completă a acestora duce la colorarea stratului fotografic în timpul păstrării, cu formare de $Ag_2S$, care alterează imaginea developată. O spălare bună asigură păstrarea materialului prelucrat un timp îndelungat.

Viteza de îndepărtare a tiosulfatului şi a produşilor săi de reacţie din stratul fotografic este determinată de o serie de factori, şi anume: temperatura, gradul de tanare, viteza de difuzie şi prezenţa altor săruri în apa de spălare.

Durata spălării. În concordanţă cu teoria difuziei, durata spălării trebuie să fie proporţională cu pătratul grosimii stratului. Rezultă că durata spălării creşte puternic cu grosimea stratului de emulsie. În realitate există abateri destul de mari de la comportarea prevăzută de teorie, şi anume cele mai mari abateri sînt pentru concentraţii foarte ridicate sau foarte mici de tiosulfat.

Viteza de difuzie a substanţei spălate din stratul de emulsie este influenţată de diferenţa de concentraţie a acesteia în apa de spălare şi peliculă. Ea creşte cu creşterea acestei diferenţe. Rezultă că procesul de difuzie este mai energic la începutul spălării şi diminuează în intensitate pe măsură ce spălarea înaintează.

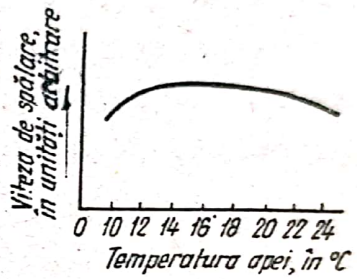



Fig.38. Variaţia vitezei de spălare în funcţie de temperatura apei.

Viteza de spălare este accelerată prin agitare. De aceea, spălarea în apă curgătoare decurge mult mai repede. Ea mai depinde de temperatura apei de spălare, de concentraţia în săruri a acesteia şi de pH-ul apei. La valori mai ridicate ale pH-ului apei de spălare, în intervalul de pH=5-8, spălarea decurge cu o viteză mai ridicată.

După cum reiese din figura 38, viteza de spălare depinde puternic de temperatura apei; astfel, cea mai mare viteză de spălare se atinge la o temperatură de 14-20°C.

Încetinirea spălării la o temperatură mai mică decît 14°C este condiţionată de scăderea capacităţii de umflare a gelatinei la temperaturi mai joase. O dată cu creşterea temperaturii creşte şi coeficientul de difuzie al sărurilor solubile îndepărtate din stratul de emulsie, dar totodată şi grosimea stratului de

gelatină, printr-o umflare mai abundentă. Influenţa acestui factor din urmă, preponderent faţă de primul la temperaturi ridicate, peste 2o°C, explică scăderea vitezei de spălare la temperaturi de peste 2o°C, aşa cum rezultă din figura 38.

În numeroase cazuri, sărurile prezente în apă, ca de exemplu clorura de sodiu, de amoniu, accelerează eliminarea tiosulfitului din stratul de emulsie.

Spălarea straturilor fotografice se realizează în practică în vase alimentate în regim continuu cu apă curgătoare. Apa de spălare se introduce în mod continuu prin partea de jos a vasului şi iese lateral prin partea de sus. În vasele de spălare, materialele fotografice se introduc în poziţie verticală, suspendate pe o serie de suporturi.

## 9. Uscarea materialelor fotografice

După prelucrarea chimică, materialele fotografice sînt uscate într-un curent de aer filtrat. Temperatura de uscare este cuprinsă între 2o şi 3o°C. Pentru o umiditate relativă de 6o-7o %, uscarea filmelor necesită în aceste condiţii 15-45 min. Înainte de introducerea la uscat, filmele sînt scurse fie pneumatic, fie şterse cu pînză fină. Nu este indicată clătirea filmelor înainte de uscare cu alcool, pentru a accelera uscarea, întrucît aceasta produce deformaţii suplimentare ale stratului şi ale suportului.

În cazul în care cantitatea de filme nu este prea mare, uscarea se face în dulapuri de uscare special confecţionate, în care se introduce aer încălzit şi filtrat. În unităţile unde se prelucrează cantităţi mari de peliculă, uscarea se face în tunele ventilate cu aer filtrat şi încălzit la o temperatură determinată, în intervalul 2o-3o°C.

La hîrtie se aplică o uscare cu lustruire pe o suprafaţă lucioasă, la rece sau la cald.

Scanned with OKEN Scanner

## B. Procedee de corectare a imaginilor fotografice

În anumite cazuri, imaginea fotografică developată se supune anumitor operaţii de corectare, cum sînt: slăbirea, întărirea, virarea.

Aceste operaţii au rolul de a corecta densitatea de înnegrire sau contrastul imaginii, în cazul cînd expunerea sau developarea n-au fost efectuate corect.

Nici una din metodele de corectare a imaginii developate folosite însă în practică nu dă un rezultat care să se poată substitui în întregime unei expuneri şi developări corecte.

### 1. Slăbirea

Principiul, tipuri de slăbire. Operaţia de slăbire fotografică constă în micşorarea densităţii optice a imaginii prin îndepărtarea parţială a argintului developat cu un agent de slăbire.

În funcţie de caracterul slăbirii imaginilor de densitate mică şi a imaginilor de densitate mare se diferenţiază patru tipuri de slăbire: substractivă, proporţională, subproporţională şi suprapoporţională.

S l ă b i r e a  s u b s t r a c t i v ă este caracterizată prin aceea că toate densităţile, în afară de cele mici, se micşorează cu aceeaşi cantitate. După cum rezultă din figura 39, slăbirea substractivă duce la micşorarea densităţilor, fără a modifica contrastul imaginii sau îl variază într-o măsură neînsemnată.

Slăbirea substractivă se aplică pentru corectarea imaginilor supraexpuse şi micşorează voalul general sau local al stratului fotografic.

S l ă b i r e a  p r o p o r ţ i o n a l ă se caracterizează prin reducerea proporţională a densităţilor. După cum rezultă din figura 4o, pentru slăbirea proporţională toate densităţile se reduc în acelaşi raport, cu excepţia densităţilor foarte mici. Ea duce, de asemenea, la scăderea con-

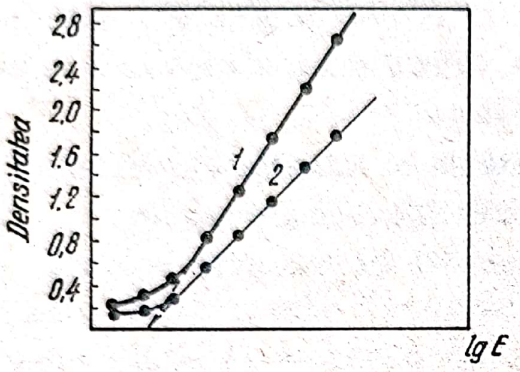



Fig.39. Variaţia curbei caracteristice prin slăbirea substractivă.

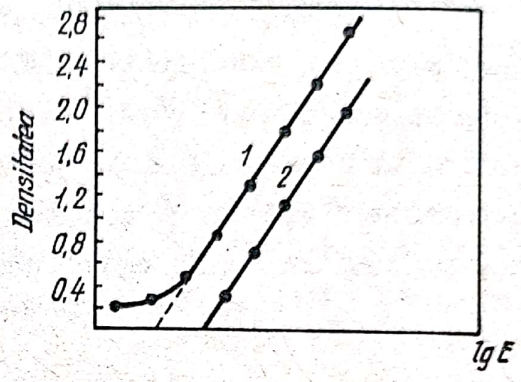



Fig.4o. Variaţia curbei caracteristice prin slăbirea proporţională.

trastului. Slăbirea proporţională se foloseşte pentru slăbirea imaginilor supradevelopate şi în cazurile cînd este necesară o reducere proporţională a contrastului imaginii.

S l ă b i r e a  s u p r a p r o p o r ţ i o n a l ă se caracterizează prin slăbirea densităţilor mari foarte mult în raport cu densităţile mici (densităţile mici aproape nu se slăbesc). Slăbirea suprapropor - ţională este însoţită de micşorarea puternică a contrastului imaginii, după cum rezultă din figura 41.

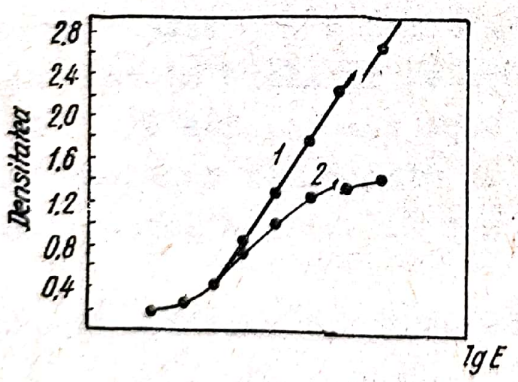



Fig.41.Variaţia curbei caracteristice prin slăbirea suprapropoţională.

Slăbirea suprapropoţională se foloseşte în următoarele cazuri :

- corectarea greşelilor de expunere printr-o iluminare proastă a obiectului în care au apărut densităţi foarte mari pe imagine;

- uniformizarea densităţii negativelor care, deşi corespunzătoare, nu se încadrează ca mărime a densităţii într-un montaj oarecare de imagini.

S l ă b i r e a  s u b p r o p o r ţ i o n a l ă se caracterizează prin slăbirea inegală a densităţilor imaginii, respectiv densităţile mici sînt slăbite mai puternic decît densităţile mari (fig.42). Metoda duce la o creştere a contrastului imaginii. Această metodă se foloseşte pentru corectarea imaginilor supraexpuse şi micşorarea voalului care maschează porţiunile transparente ale negativului.

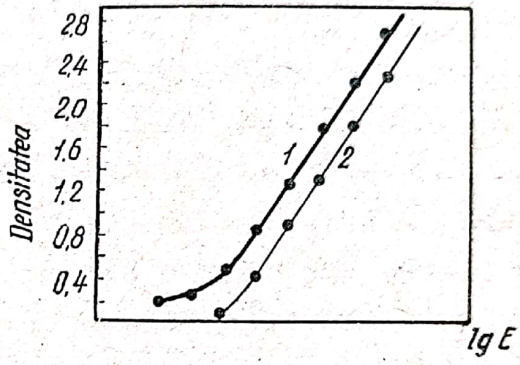



Fig.42. Variaţia curbei caracteristice la slăbirea subproporţională.

În numeroase cazuri, slăbirea substractivă şi suprapro-porţională se clasifică împreună.

<u>Agenţi de slăbire.Aceştia</u> sînt, în general, slabi oxidanţi ai argintului metalic. Prin slăbire, argintul imaginii formează cu agentul oxidant o sare de argint care trebuie îndepărtată din stratul fotografic prin dizolvare într-un agent solvatant.

Agenţii de slăbire sînt clasificaţi în funcţie de caracterul slăbirii pe care-l provoacă. Cei mai folosiţi în practică sînt următorii:

Oxidanţi care reduc proporţional imaginea:

- permanganat de potasiu singur sau în mediu acid;
- alaun feric şi de amoniu în mediu acid.

Oxidanţi suprapoporţionali:

- persulfat de potasiu sau amoniu în mediu neutru sau acid;
- fericianură în prezenţă de bromură de potasiu.

Oxidanţi subproporţionali:

- fericianură în prezenţă de tiosulfat de sodiu;
- clorură ferică în mediu acid şi tiosulfat;
- bromat de potasiu în mediu acid (acid sulfuric).

Metode de slăbire. Prin procesul de slăbire, oxidarea imaginii şi dizolvarea sării formate poate avea loc într-o singură baie sau în două băi separate. În cazul cînd prin slăbire se formează o sare solubilă în apă, rolul de agent solvatant al sării de argint rezultate îl joacă chiar apa de spălare. În cazul cînd prin slăbire se formează o sare insolubilă în apă, baia de slăbire mai conţine un agent de dizolvare care este deseori tiosulfatul de sodiu, uneori cianura de potasiu. În acest din urmă caz, oxidarea şi dizolvarea pot avea loc într-o singură baie sau în două băi separate.

Indiferent de metoda de slăbire este necesar ca, înainte de acest proces, stratul fotografic fixat să fie bine spălat pentru îndepărtarea completă a tiosulfatului de sodiu. În cazul cînd slăbirea se aplică unui negativ deja uscat, acesta se înmoaie în prealabil în apă şi apoi în soluţia de slăbire. În caz contrar, slăbirea decurge neuniform.

Metoda de slăbire cea mai răspîndită în practica fotografică este metoda cu fericianură de potasiu. Aceasta se foloseşte pentru micşorarea voalului de developare şi mărirea contrastului imaginii, în special în tehnica fotoreproducerilor.

Slăbirea cu fericianură de potasiu se poate realiza în două variante:

- oxidarea parţială a imaginii cu fericianură de potasiu şi îndepărtarea sării de argint cu tiosulfat de sodiu;
- oxidarea completă a imaginii într-o baie care conţine fericianură şi bromură de potasiu cu trecerea ei în halogenură de argint şi de redeveloparea sa parţială.

În ambele cazuri, reacţia de oxidare are loc după schema:

$$4K_3\left[Fe(CN)_6\right] + 4Ag \rightarrow Ag_4\left[Fe(CN)_6\right] + 3K_4\left[Fe(CN)_6\right]$$

Fericianura de argint rezultată se dizolvă uşor în tiosulfat de sodiu, rodanură de amoniu şi halogenură alcalină.

Caracterul slăbirii cu fericianură depinde de agentul de dizolvare folosit. Fericianura cu adaos de bromură de potasiu duce la o slăbire suprapropoţională; fericianura asociată cu tiosulfat de sodiu sau rodanură de amoniu ca dizolvant se foloseşte ca agent de slăbire subpropoţională. Metoda aceasta este foarte folosită în practică. Ea se poate realiza într-o singură baie sau în două băi. Slăbirea cu fericianură şi tiosulfat se realizează în modul următor:

- oxidare timp de 5-1o s într-o soluţie de fericianură 3%;
- spălare intermediară cu apă curgătoare;
- dizolvarea sării de argint într-o soluţie de tiosulfat de sodiu care conţine 5o-2oo g/ℓ , timp de cîteva minute;
- spălarea în curent de apă.

Slăbirea cu fericianură şi tiosulfat de sodiu se foloseşte în tehnica fotoreproducerilor, în poligrafie, pentru micşorarea voalului şi mărirea contrastului imaginilor.

Slăbirea cu persulfat de amoniu $(NH_4)_2S_2O_8$ are un caracter suprapropoţional. Ea se realizează într-o singură baie, întrucît sarea de argint rezultată este solubilă în apă. Ionii de argint prezenţi în baie au o acţiune autocatalitică, de aceea, pe măsură ce reacţia de oxidare avansează, ea se accelerează.

Slăbirea cu persulfat de amoniu se realizează în mediu acid în prezenţă de acid sulfuric (1_2 ml/ℓ soluţie). Se foloseşte o soluţie de persulfat de concentraţie de 1o-2o g/ℓ . Durata slăbirii este de ordinul a 1o-6o s.

După slăbire, materialul se introduce într-o soluţie de sulfit de sodiu 5-1o %, pentru a opri acţiunea substanţei oxidante, şi apoi se spală bine în apă curgătoare.

Scanned with OKEN Scanner

2. Întărirea

a. Principiul. Întărirea reprezintă procesul de ridicare a densităţii de înnegrire a unui original. Ea este o operaţie de corectare a imaginilor developate şi se practică în cazul unei subexpuneri sau subdevelopări.

Întărirea poate fi:

- proporţională, dacă densitatea creşte proporţional cu densitatea originalului (fig.43);

- suprapoporţională, dacă densităţile mari sînt mărite într-un raport mai mare decît densităţile mici (fig.44).

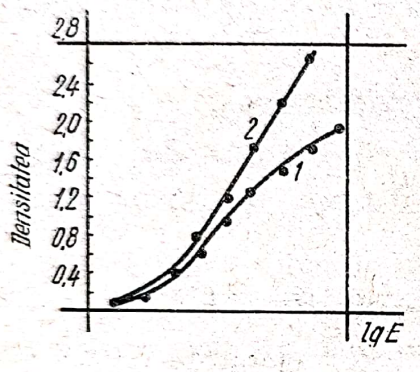



Fig.43. Variaţia curbei caracteristice la întărirea proporţională.

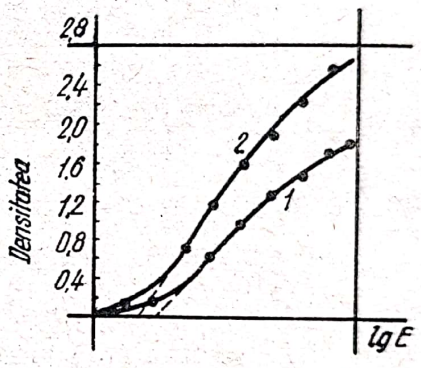



Fig.44. Variaţia curbei caracteristice la întărirea suprapropor - ţională.

- subproporţională, dacă mărirea procentuală a densităţii scade cu creşterea densităţii iniţiale (fig.45).

În majoritatea cazurilor, întărirea constă din două procese:

- o albire a imaginii cu un agent oxidant în prezenţa unei bromuri sau cloruri alcaline;

- o intensificare sau o redevelopare a imaginii.

Întărirea proporţională este tipul cel mai folosit de întărire şi aceasta se realizează cu majoritatea agenţilor uzuali.

Întăritorii folosiţi în practică pot fi grupaţi după cum urmează: întăritori proporţionali, întăritori suprapropor ţio - nali, întăritori subproporţionali.

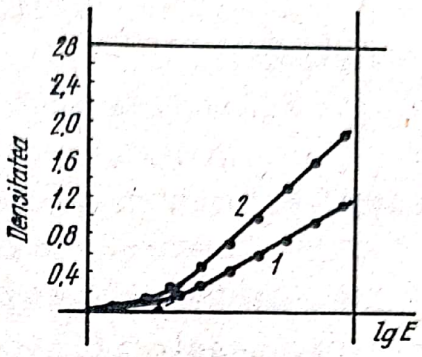



Fig.45. Variaţia curbei caracteristice la întărirea subproporţională.

În continuare se vor enumera cîteva procedee de întărire folosite în practică:

1 { Întărirea proporţională:
- baie de albire: bicromat de potasiu şi acid clorhidric;
- baie de intensificare (developare): revelator, metol-hidrochinonă;

2 {
- baie de albire: clorură mercurică cu adaos de bromură de potasiu;
- baie de intensificare: revelator, metol-hidrochinonă sau amoniac.

Întărirea suprapropor ţională:
baie oxidantă: bromură mercurică
- baie de intensificare: revelator, metol-hidrochinonă.

Întărirea subproporţională:

1 {
- baie de albire; fericianură cu bromură (albire incompletă);

1 { - baie de intensificare: revelator, metol-hidrochinonă;

2 { - baie de albire: bicromat de potasiu cu acid clorhidric;
- baie de intensificare: developare incompletă.

Acţiunea soluţiilor de întărire se manifestă în două moduri:

- prin schimbarea constantelor fotometrice ale imaginii, trecînd-o pe aceasta printr-un produs care absoarbe mai puternic lumina;

- prin adăugarea unui număr suplimentar de atomi metalici sau a unui alt compus compact peste imaginea de argint metalic.

De exemplu, dacă imaginea este albită mai întîi cu bicromat în soluţie de acid clorhidric şi apoi redevelopată, densitatea creşte într-o anumită măsură, fie datorită adăugării unui compus de crom peste imaginea de argint, fie prin faptul că convertirea argintului la AgCl sub acţiunea acidului clorhidric, urmată de redeveloparea acesteia, duce la creşterea porozităţii, şi deci a capacităţii de acoperire a depozitului de argint metalic.

Pe lîngă procedeele de întărire menţionate se mai cunosc un număr mare de alte procedee, ca, de exemplu:

- întărirea prin transformarea imaginii în sulfură de argint sau alte sulfuri metalice, produs mai compact cu o capacitate mare de absorbţie a luminii;

- întărirea cu halogenuri ale unor metale cu mai multe trepte de valenţă: cupru, mercur;

- întărirea cu săruri de argint (azotat de argint).

Răspîndirea cea mai largă în practică, în special în procesele fotomecanice, o are metoda de întărire cu clorură mercurică (intensificare prin tratare cu o soluţie de amoniac sau redevelopare).

Scanned with OKEN Scanner

Aceasta se efectuează în modul următor:

Se prepară o soluţie de clorură mercurică ($HgCl_2$) cu o concentraţie de 20 g/ℓ , la care se adaugă şi clorură de sodiu, 10-15 g/ℓ .

Eşantioanele care trebuie întărite, după ce s-au spălat bine pentru îndepărtarea completă a tiosulfatului, se trec în soluţia mercurică. Aici se lasă cîteva minute, pînă la albirea completă a imaginii, şi apoi se redevelopează într-un revelator obişnuit sau într-o soluţie concentrată de amoniac, apoi se spală. Dacă este necesar, operaţia de întărire se poate repeta de mai multe ori.

Reacţiile care au loc în procesul de întărire cu clorură mercurică sînt următoarele:

$$2Ag\ (imagine) + 2HgCl_2 \longrightarrow 2AgCl + Hg_2Cl_2$$

$$2AgCl + Hg_2Cl_2 + \underset{\text{revelator}}{2R(OH)_2} \longrightarrow 2AgHg + \underset{\substack{\text{revelator}\\ \text{oxidat}}}{2RO_2} + 4HCl$$

La intensificarea cu amoniac are loc reacţia:

$$Hg_2Cl_2 + 2NH_3 \longrightarrow Hg_2ClNH_2 + NH_4Cl$$

3. Virarea

Succesiunea de operaţii prin care se schimbă culoarea imaginii developate se numeşte virare. Acest proces se aplică îndeosebi clişeelor pozitive. Virarea reprezintă un procedeu mai vechi de obţinere a imaginilor colorate.

Există procedee de virare chimică şi virare cu coloranţi.

În primul caz, colorarea imaginii este provocată de apariţia unei combinaţii cu o coloraţie puternică. În cel de-al

doilea caz, colorarea imaginii se realizează prin adsorbţia pe argintul developat a unui colorant, de cele mai multe ori organic.

Se cunosc următoarele procedee de virare chimică:

- prin sulfurare;
- cu aur şi alte metale preţioase;
- cu fericianuri metalice.

Virarea prin sulfurare se poate realiza fie prin albirea imaginii şi apoi întărirea ei cu sulfură de sodiu, fie prin sulfurarea directă a imaginii developate cu sulfură de sodiu. Sulfurarea imaginii decurge după schema:

$$2\,AgBr + Na_2S \longrightarrow Ag_2S + 2NaBr$$

Această metodă se foloseşte pentru obţinerea de tonuri sepia la hîrtie.

Virarea cu metale preţioase constă în următoarele: imaginea developată este mai întîi albită cu clorura unui metal preţios şi apoi se redevelopează cu un agent reducător. La virarea cu aur se foloseşte în acest scop clorura aurică. Această metodă se aplică la hîrtiile pe bază de clorură de argint cu înnegrire directă (fără developare), care dau culori puţin agreabile.

Virarea cu fericianuri metalice este un procedeu mai vechi de a obţine imagini colorate în diferite toruri.

Procedeul constă în albirea imaginii cu un oxidant anorganic (fericianură de potasiu) şi precipitarea în stratul fotografic a unor săruri diferit colorate, corespunzînd unui metal, ca: Fe, Ni, Cu, Ti. Metoda este analegă procedeului descris de întărire cu fericianură.

Dacă stratul fotografic developat este cufundat într-o soluţie care conţine fericianură de potasiu şi o sare metalică a unuia din cationii enumeraţi anterior, argintul este oxidat la fericianură de argint, formîndu-se în acelaşi timp fe-

rocianura colorată a metalului, care este insolubilă şi precipită pe imagine. De exemplu, în prezenţa unei sări ferice rezultă, simultan cu ferocianura de argint, ferocianură ferică, colorată în albastru. Procesul decurge conform reacţiei:

$$K_3\left[Fe(CN)_6\right] + FeCl_3 \longrightarrow Fe\left[Fe(CN)_6\right] + 3KCl$$

$$4Fe\left[Fe(CN)_6\right] + 4Ag \longrightarrow Ag_4\left[Fe(CN)_6\right] + Fe_4\left[Fe(CN)_6\right]_3$$

Folosind săruri ale diferitelor metale, se pot obţine virări în diferite culori; cu fier-albastru, cu nichel- verde-albicios, cu titan-galben, cu uraniu- roşu-brun.

Virarea cu coloranţi reprezintă, de asemenea, un procedeu mai vechi de obţinere a imaginilor colorate. Aceasta constă în a adsorbi pe imaginea developată diverşi coloranţi,ceea ce duce la convertirea imaginii de argint într-o imagine colorată.

Se pot folosi în acest scop o serie de coloranţi,ca: rodamina B sau 6G, oranj de acridină, albastru de metilen, verde de malachit etc. Aceştia se adsorb puternic pe imaginea de argint dar pot fi îndepărtaţi uşor prin spălare.

Iodura de argint are o acţiune de întărire a virării cu coloranţi.

## 4. Inversarea imaginilor fotografice

Se numeşte i n v e r s a r e succesiunea de operaţii care permite să se obţină o imagine pozitivă pe un strat fotografic care a înregistrat o imagine negativă. Principiul este următorul: pelicula fotografică expusă se developează pentru obţinerea imaginii negative. După o scurtă baie de oprire şi spălare, argintul imaginii negative este dizolvat într-o

baie denumită baie de inversare. În urma acestei operaţii, în stratul fotografic rămîne numai bromura de argint care nu a fost expusă la lumină. Bromura de argint reziduală se expune din nou şi apoi se efectuează o nouă developare, după care stratul se fixează şi se spală. Cea de-a doua developare are drept scop obţinerea imaginii pozitive.

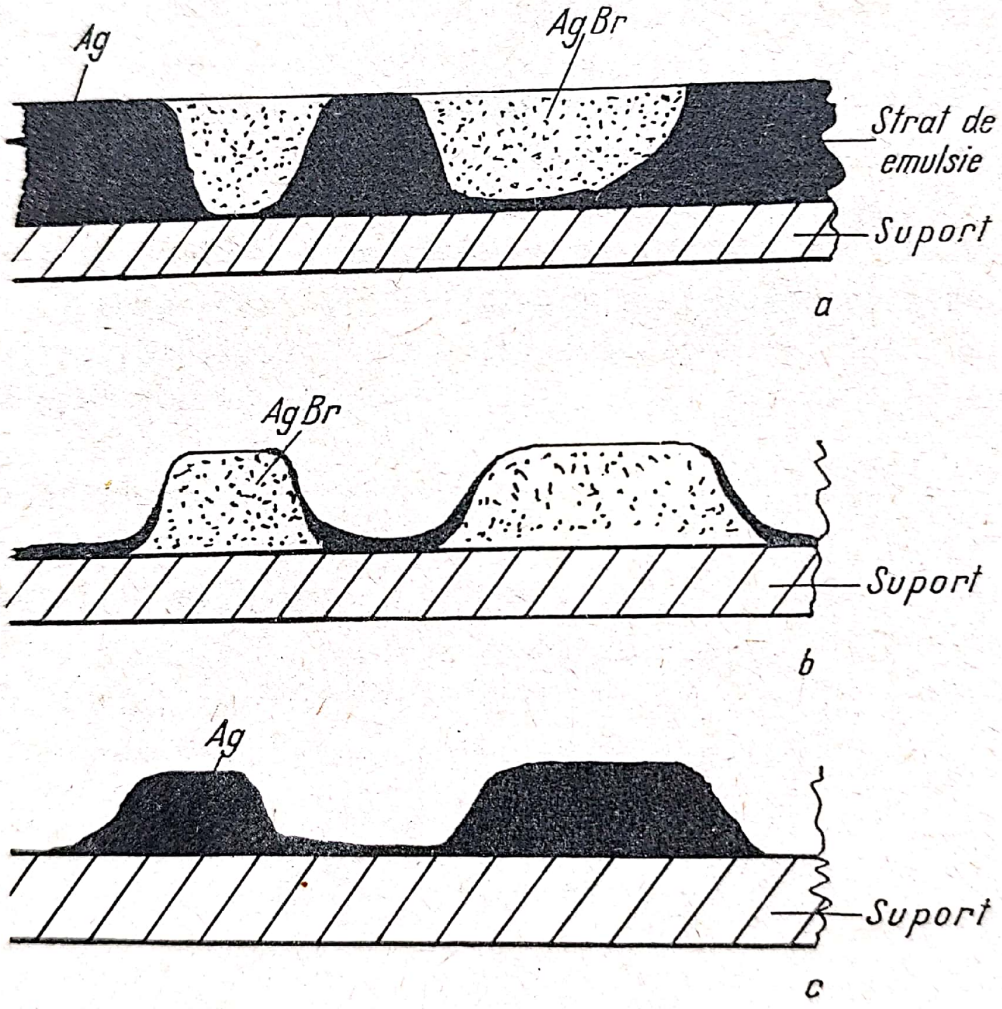



Fig.46. Schema procesului de inversare: a- imagine negativă developată; b- imagine după oxidarea argintului; c- imaginea pozitivă după inversare.

Scanned with OKEN Scanner

În figura 46 se prezintă schema de principiu a operaţiei de inversare. Se observă că în regiunile unde negativul are o densitate ridicată nu mai rămîne AgBr după developarea imaginii negative pentru convertirea sa în imagine pozitivă, iar imaginea finală apare transparentă. În regiunile unde negativul este transparent, corespunzător regiunilor întunecate ale obiectului, rămîne toată sarea de argint în stratul fotografic şi imaginea pozitivă apare densă.

Pentru a realiza inversarea unui negativ în pozitiv cu rezultate bune, trebuie îndeplinite următoarele condiţii:

- imaginea negativă trebuie să fie developată cu un contrast mai ridicat decît al unui clişeu normal, cel puţin egal cu contrastul unei imagini pozitive;

- grosimea stratului sensibil trebuie să fie suficient de redusă;

- cea de-a doua expunere, pentru inversare, să fie suficient de mare.

Developarea imaginii negative se poate efectua cu orice revelator. Se preferă totuşi un revelator care conţine un dizolvant al AgBr, de obicei sulfocianură de sodiu. După prima developare, imaginea negativă este trecută într-o baie de o-

prire pentru un timp de 30-60 s, apoi spălată, după care se trece în baia de inversare, o baie oxidantă ce conţine bicromat sau permanganat de potasiu. După o spălare eficientă se efectuează o a doua expunere. În unele cazuri, aceasta se poate înlocui cu o valoare chimică. Se face apoi a doua developare într-un revelator uzual, fixarea şi spălarea finală.

Inversarea imaginilor fotografice este o operaţie delicată, a cărei reuşită depinde de respectarea cu stricteţe a regimului de lucru indicat. Spălările intermediare trebuie făcute bine, de asemenea oxidarea imaginii negative trebuie să fie cît mai completă.

Developarea reversibilă se aplică pentru obţinerea filmelor diapozitive alb-negru şi în culori. Atunci cînd operaţia de prelucrare se efectuează corect, calitatea imaginilor obţinute este foarte bună.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul VI

# SENSITOMETRIA IMAGINILOR FOTOGRAFICE

## A. Determinarea sensibilităţii fotografice

### 1. Principiul determinării sensibilităţii fotografice

S e n s i t o m e t r i a f o t o g r a f i c ă reprezintă tehnica măsurării sensibilităţii materialelor fotografice şi a stabilirii relaţiilor cantitative între imagine şi tratamentele la care a fost supus materialul fotografic, inclusiv expunerea şi developarea.

Iniţial, sensitometria a prezentat o importanţă mai mare în practica producerii materialelor fotografice sau a aplicării metodelor fotografice pentru măsurători cantitative. În ultima vreme ,măsurătorile sensitometrice au căpătat o importanţă mai mare pentru controlul operaţiilor de prelucrare şi expunere a peliculelor fotografice.

Metoda cea mai simplă de determinare a sensibilităţii unui material fotografic este expunerea acestuia în trepte (expuneri gradate), cu observarea celei mai mici expuneri care produce o imagine vizibilă după developare.

Bazele sensitometriei moderne au fost puse de Hurter şi Driffield în 189o, care au stabilit pentru prima dată relaţii cantitative între expunere şi efectul fotografic (cantitatea de imagine developată). Efectul fotografic al unei expuneri se caracterizează prin depozitul de argint metalic al imaginii developate. Ei au stabilit că transparenţa unui strat developat care prezintă o anumită înnegrire se află în relaţie directă cu masa de argint pe care o conţine. Respectiv, masa de argint

Scanned with OKEN Scanner

depusă pe unitatea de suprafaţă prin developarea unui strat fotografic expus este proporţională cu logaritmul mărimii, denumită o p a c i t a t e. Aceasta este o mărime care caracterizează transparenţa la lumină a unui material şi se determină prin raportul $\frac{I_o}{I}$, unde $I_o$ este intensitatea fasciculului incident de lumină ce cade pe materialul respectiv, iar I - intensitatea fasciculului de lumină transmis.

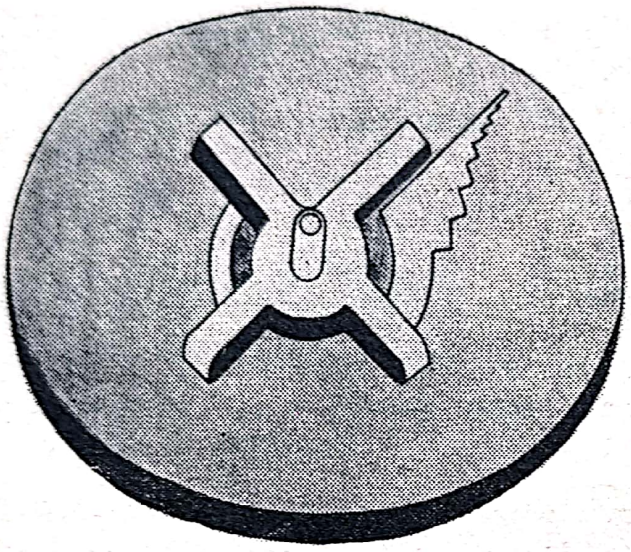


Fig.47. Sensitometrul Hurter-Driffield.

Inversul opacităţii, adică raportul $\frac{I}{I_o}$, reprezintă mărimea denumită transparenţă.

In practica sensitometriei fotografice se foloseşte mărimea denumită densitate optică sau densitate de înnegrire, care se măsoară prin raportul $\lg \frac{I_o}{I}$ (logaritmul opacităţii).

Întrucît determinarea masei de argint metalic care corespunde unei anumite expuneri este o mărime greu determinabilă, în practica fotografică s-a acceptat aproape în mod unanim evaluarea efectului fotografic prin densitatea optică (de înnegrire), mărime însemnată prin D.

După metoda lui Hurter şi Driffield, sensibilitatea fotografică se determină astfel:

Materialul fotografic se supune unor expuneri gradate cu ajutorul unui sector circular rotativ în care sînt tăiate deschideri unghiulare de dimensiuni crescătoare (fig.47). Apoi se măsoară densitatea de înnegrire a plăcilor fotogra-

fice developate cu ajutorul unui fotometru. Pe baza unei reprezentări grafice care stabileşte relaţia între expunere şi densitate se determină sensibilitatea fotografică.

2. Curba caracteristică

Dacă se reprezintă densitatea imaginii developate în funcţie de logaritmul expunerii, se capătă curba caracteristică D=f(lg E), reprezentată în figura 48 denumită şi curba H/D (Hurter-Driffield), după numele autorilor ei. Pe această curbă se pot distinge patru regiuni care apar delimitate pe figura 48.

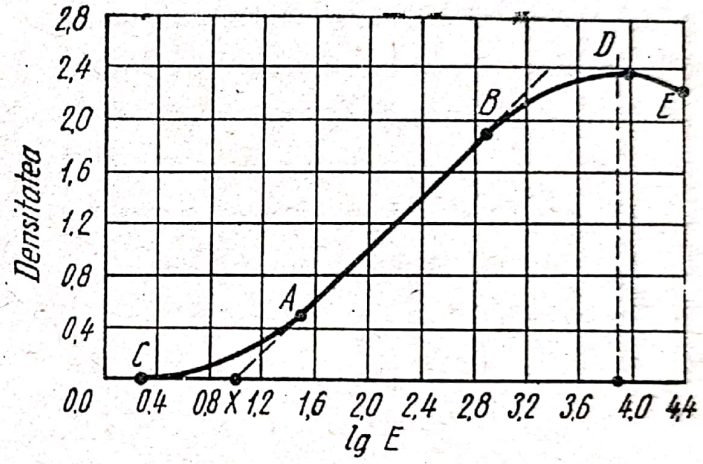



Fig.48. Curba caracteristică a unui material fotografic.

Regiunea AC, unde densitatea variază puţin, pe măsură ce expunerea creşte, se numeşte regiune de subexpunere. Urmează apoi porţiunea rectilinie AB, unde densitatea variază proporţional cu logaritmul expunerii. Aceasta este denumită regiunea de proporţionalitate a curbei caracteristice. Regiunea BD, unde densitatea variază încet cu creşterea expunerii, este denumită regiunea de supraexpunere. Urmează apoi regiunea de solarizare DE, unde densitatea scade pe măsură ce expunerea continuă să crească. Regiunea de solarizare corespunde la expuneri foarte lungi în raport cu expunerile normale.

Punctul unde porţiunea rectilinie a curbei caracteristice întîlneşte axa absciselor se numeşte p u n c t d e i n e r ţ i e. Poziţia acestui punct nu depinde de modul de developare, ci este o caracteristică a materialului fotogra-

fic. Pe baza punctului de inerţie, Hurter şi Driffield au determinat sensibilitatea materialului fotografic prin relaţia:

$$S_i = \frac{34}{H_i},$$

unde:

$S_i$ este sensibilitatea (sau pragul de sensibilitate al emulsiei) pe baza punctului de inerţie;

34 - o constantă numerică, caracteristică sursei de expunere cu care au lucrat aceşti autori;

$H_i$ - expunerea corespunzătoare punctului de inerţie (determinată din curba caracteristică).

Curba caracteristică se poate reprezenta în practică pentru orice material fotografic prelucrat care a fost expus în prealabil la o serie de expuneri în trepte, aflate într-un raport determinat. Ea serveşte pentru stabilirea a numeroase mărimi caracteristice materialului fotografic prelucrat, ca, de exemplu: contrast, prag de voal, latitudine de fotografiere etc.

## 3. Etapele încercărilor sensitometrice

Determinarea principalelor mărimi sensitometrice se face expunînd şi prelucrînd în condiţii determinate eşantioane de probă din materialul care ne interesează.

Eşantionul care a primit o expunere gradată în trepte poartă numele de s e n s i t o g r a m ă.

Pentru a efectua o determinare exactă a sensibilităţii pe baza unei sensitograme, este necesar să fie îndeplinite următoarele condiţii:

- să existe o sursă de lumină care să emită radiaţii de intensitate cunoscută şi compoziţia spectrală determinată;

- să se poată efectua o expunere gradată de valori relative cunoscute;

- să se aplice condiţii standard de prelucrare;
- să existe o metodă de măsurare cu precizie a înnegririi imaginii developate;
- să se dispună de o metodă de interpretare a rezultatelor, fie sub formă de grafice, fie printr-o altă metodă convenabilă.

## 4. Construcţia sensitometrelor

Aparatul care permite impresionarea unui material fotografic cu o serie de expuneri gradate cunoscute se numeşte s e n s i t o m e t r u. Schematic, acesta este reprezentat în figura 49. Părţile componente principale ale unui sensitometru sînt:

- o sursă de lumină de intensitate cunoscută şi constantă, cu o compoziţie spectrală dată S. Aceasta se găseşte plasată la o distanţă fixă de planul de expunere;

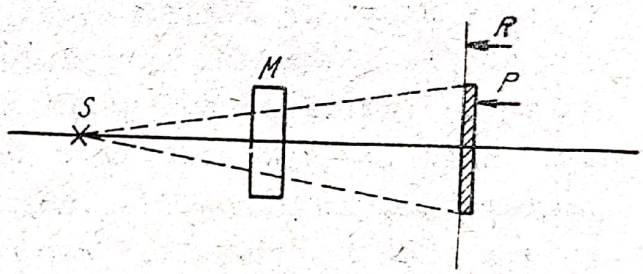



Fig.49. Schema unui sensitometru.

- un modulator de expunere M, care se introduce între planul de expunere şi sursa de lumină;
- planul de expunere P, care trebuie să coincidă cu suprafaţa materialului fotografic.

Distanţele sursei de planul de expunere şi suprafaţa de expunere trebuie să fie astfel alese încît fiecare punct al materialului expus să fie uniform iluminat. Sursele de lumină folosite în sensitometrie sînt standardizate după temperatura lor de culoare. Pentru fotografia alb-negru, acestea sînt în general, lămpi cu filament de tungsten cu o temperatură de culoare de 2850 şi 3225°K.

O sursă normală de lumină a unui sensitometru cuprinde: o lampă electrică cu filament de tungsten (la incandescenţă), un ampermetru şi un voltmetru pentru controlul regimului de ardere a lămpii, un reostat pentru menţinerea la intensitate constantă a curentului de alimentare a lămpii. Lampa trebuie să aibă o intensitate foarte constantă în timp.

Caracteristicile sursei de lumină utilizate la încercările sensitometrice sînt de cea mai mare importanţă. Deoarece sensibilitatea spectrală a materialelor fotografice poate fi diferită (materialele pot fi pancromatice, ortocromatice sau nesensibilizate cromatic), este necesar, pentru scopuri sensitometrice, ca sursă de lumină să fie perfect determinată, atît în ceea ce priveşte intensitatea ei cît şi compoziţia spectrală a radiaţiilor emise.

Întrucît în majoritatea cazurilor materialele fotografice se expun la lumina zilei sau la o sursă de lumină cu o compoziţie spectrală apropiată de aceasta, este necesar ca sursa de lumină a unui sensitometru să aibă o compoziţie spectrală cît mai apropiată de a luminii de zi. În timp ce temperatura de culoare a lămpilor moderne cu incandescenţă atinge pînă la 3500 $^{o}$K, temperatura de culoare a luminii de zi este de aproximativ 5400$^{o}$K (tabela 7). Noţiunea de temperatură de culoare a fost introdusă pentru a exprima relaţia dintre lumina emisă de un corp şi temperatura sa. Se ştie că substanţele (corpurile) emit radiaţii luminoase atunci cînd sînt încălzite, datorită transformărilor energiei calorice în energie luminoasă, de exemplu: lumina emisă de filamentele becurilor electrice, de cărbunele incandescent etc.

S-a stabilit că spectrul luminii emise depinde de temperatură, şi anume, pe măsură ce temperatura creşte, spectrul de emisie, respectiv maximumul curbei şi întreaga bandă de emisie, se deplasează spre lungimi de undă mai mici (fig.50).

Tabela 7

Surse de lumină

| Sursa de lumină | Temperatura de culoare °K |
|---|---|
| Lampa lui Haffner cu acetat de amil (servea ca unitate de măsură pentru intensitatea luminii), numită lumînare Heffner-LH | 1875 |
| Lampa de incandescenţă (vidată) cu fir wolfram | 2450 |
| Lampa de incandescenţă (umplută cu gaz) cu fir wolfram | 2600 - 2900 |
| Lampă cu arc (cu electrozi de cărbune) | 3780 |
| Lumină solară (medie) | 5000 |
| Lumină solară direct la suprafaţa Pămîntului | 5300 - 5600 |
| Lumină solară, înainte de trecerea prin stratul atmosferic | 6500 |
| Cer înnourat | 6400 - 6900 |
| Cer senin | 19000 - 24000 |
| Lămpi cu vapori de mercur | - |
| Lămpi cu xenon | - |
| Blitz | - |

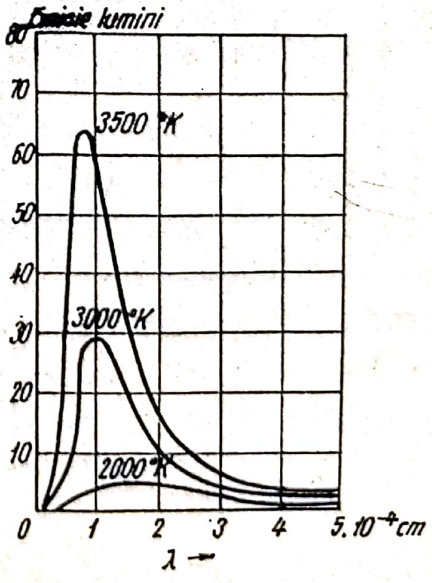



Fig.5o. Distribuţia spectrală a radiaţiei corpului negru absolut în intervalul de temperaturi 2000-3500°K.

Acest fapt a fost descoperit de Wien şi se cunoaşte sub numele de l e g e a d e d e p l a s a r e a l u i W i e n .

Expresia matematică a legii lui Wien permite calcularea lungimii de undă a maximumului curbei de emisie:

$$\lambda_{max} = \frac{0,2897}{T} \quad [cm],$$

în care T este temperatura absolută, în $^{o}K$.

Relaţia lui Wien se aplică cu precizie numai corpului negru absolut, adică aceluia care absoarbe în întregime lumina de toate lungimile de undă. Asemenea corpuri nu există în natură, se pot obţine însă artificial, de exemplu cel reprezentat în figura 51. În natură există anumite substanţe care se apropie prin puterea lor de absorbţie a luminii de corpul negru absolut, de exemplu: catifeaua neagră, funinginea etc.

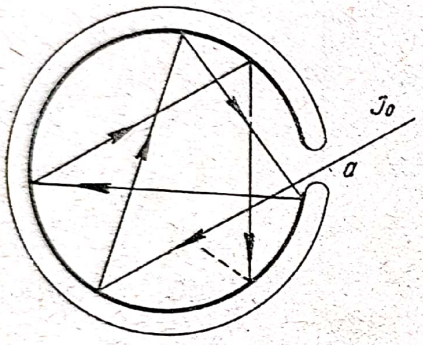



Fig.51. Corp negru absolut:
a- orificiu de pătrundere a razei luminoase incidente Io, care nu mai poate ieşi afară fiind total absorbită.

Corpurile obişnuite încălzite la aceeaşi temperatură cu corpul negru absolut emit un spectru care conţine lungimi de undă mai mari, adică atît banda de emisie cît şi maximumul curbei sînt deplasate spre lungimi de undă mai mari: galben, portocaliu, roşu, infraroşu etc. De aceea, pentru corpurile obişnuite s-a introdus noţiunea de t e m p e r a t u r ă d e c u l o a r e, care reprezintă acea temperatură a corpului negru absolut pentru care spectrul de emisie este identic cu cel al corpului respectiv. Temperatura de culoare se exprimă în grade Kelvin ($^{o}K$) şi serveşte drept criteriu de caracterizare şi clasificare a surselor de lumină. Temperatura de culoare a diferitelor surse de lumină se determină practic (v.tabela 7).

Cunoaşterea temperaturii de culoare permite aplicarea regulii lui Wien şi altor corpuri decît corpului negru absolut şi astfel, cunoscîndu-se temperatura de culoare, se poate calcula lungimea de undă a maximumului curbei de emisie a sursei luminoase respective. În acest caz, relaţia lui Wien ia forma:

$$\lambda_{max} = \frac{0,2897}{T_{cul}} \quad [\text{cm}],$$

în care $T_{cul}$ este temperatura de culoare.

De exemplu, dacă temperatura de culoare a unui filament de wolfram incandescent este de $3094^{o}K$, care este lungimea de undă a maximumului curbei, adică a liniei celei mai intense din spectrul de emisie a filamentului:

$$\lambda = \frac{0,2897}{3094} = 0,936 \; 10^{-4} \text{ cm} \quad \text{sau } 936 \; m\mu.$$

Pentru ca sursa de lumină a unui sensitometru să corespundă cît mai bine condiţiei de a se apropia de caracteristicile spectrale ale luminii de zi, distribuţia relativă a radiaţiilor sale în spectrul emis se corectează deseori cu ajutorul filtrelor optice. Filtrele cele mai utilizate în sensitometria modernă sînt constituite din sticlă colorată, de obicei în albastru. Ele sînt caracterizate prin transmisia lor spectrală (intervalul de radiaţii pentru care sînt transparente) şi coeficientul de transmisie. Prezenţa lor reduce în general intensitatea sursei de lumină într-un raport de 10-15 %.

Modulatorul de expunere are rolul de a permite realizarea unei expuneri gradate, în trepte.

În sensitometrie, modularea expunerii se realizează pe două căi:

- menţinerea constantă a iluminării şi variaţiei duratei de expunere;

- menţinerea constantă a duratei de expunere şi variaţia iluminării.

Există deci sensitometre care lucrează pe scală de intensităţi de iluminare sau pe scală de timp. Primele sensitometre construite lucrau pe scală de timp şi expunerea era intermitentă. Actualmente au o răspîndire foarte largă sensitometrele pe scală de intensităţi de iluminare.

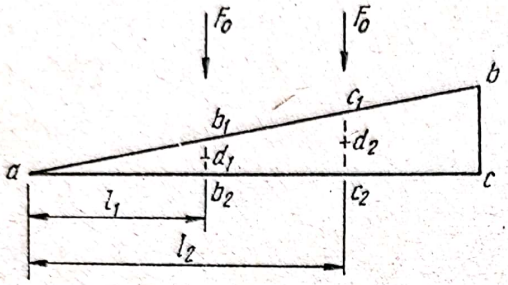



Fig.52. Schema unui clin optic cu variaţia continuă a densităţii.

Modularea expunerii se efectuează în acest caz cu un dispozitiv denumit c l i n o p t i c, care permite ca prin intermediul său să se dea materialului fotografic o serie de iluminări diferite pentru acelaşi timp de expunere. Clinul sensitometric poate fi continuu sau în trepte (fig.52 şi 53). Timpul de expunere se alege în acest caz comparabil cu cel folosit în practica materialelor fotografice. Un clin sensitometric cu o variaţie continuă a densităţii poate fi asimilat cu o succesiune de straturi absorbite de grosime constantă.

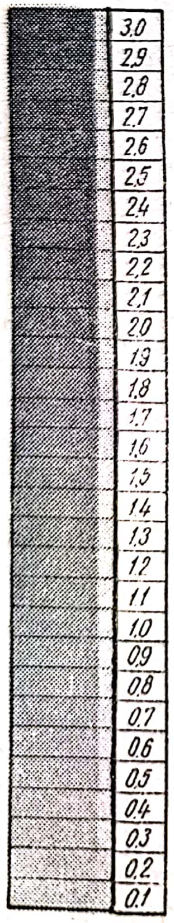



Fig.53. Schema unui clin optic cu trepte.

Densitatea optică a clinului într-un punct oarecare este proporţională cu grosimea sa în punctul respectiv.

O răspîndire largă în practică o au clinurile sensitometrice în trepte. Acestea se mai numesc şi s c a l e s e n s i t o m e t r i c e.

Fiecare clin sensitometric este caracterizat printr-o mărime denumită c o n s t a n t a c l i n u l u i. La clinurile cu variaţie continuă a densităţii, constanta clinului indică variaţia de densitate pe unitatea de lungime a clinului. La clinurile în trepte, constanta clinului reprezintă variaţia densităţii sau a logaritmului expu-

nerii de la o treaptă la alta. De exemplu, dacă pe un clin sensitometric sînt 3o de trepte (ca în sensitometria DIN), repartizate în intervalul de densităţi o,1-3, variaţia de densitate de la o treaptă la alta va fi de o,1 ceea ce corespunde la o constantă a clinului de o,1.

La expunere , stratul fotografic se aşază în spatele clinului sensitometric în contact intim cu acesta în faţa sursei de lumină. De obicei, ambele se introduc într-o casetă specială a sensitometrului.

Expunerea cu un timp constant (1/2o-1/25 etc.) se efectuează cu ajutorul unui obturator cu mişcare pendulară precisă.

## 5. Tipuri de sensitometre

Există un număr mare de sensitometre, construite în diferite ţări, care posedă fiecare particularităţile sale constructive. Marea majoritate a sensitometrelor moderne funcţionează pe principiul modulatoarelor pe scală de intensităţi de iluminare. La noi în ţară se găsesc în uz următoarele tipuri de sensitometre: Defa - producţie R.D.G., GOI-$FSR_4$ de producţie sovietică, Kodak - de provenienţă franceză.

Sensitometrul Defa este destinat pentru sensitometria filmelor de cinematografie. Acesta conţine ca sursă de lumină două becuri de incandescenţă cu o putere de 5oo W, cu o temperatură de culoare de 297o°K.

Expunerea se efectuează cu ajutorul unui obturator cu o mişcare pendulară precisă şi cu un timp constant de 1/2o s. Ca modulator de expunere se pot folosi clinuri sensitometrice cu densitate variabilă între 0 şi 3 şi constante de clin diferite în funcţie de scopul întrebuinţării.

Sensitometrul sovietic $FSR_4$ foloseşte o sursă de lumină incandescentă cu o temperatură de culoare de 285o°K şi un modulator de expunere cu 21 de trepte, cu densitate cuprinsă între 0 şi 3.

Sensitometrul este prevăzut cu filtre optice pentru transformarea distribuţiei spectrale a luminii artificiale într-o distribuţie apropiată de lumina de zi şi cu filtre de culoare pentru posibilitatea aplicării sale la determinarea sensibilităţii spectrale.

## 6. Developarea sensitogramelor

Caracteristicile imaginilor developate pot varia în funcţie de compoziţia revelatorului, durata developării şi temperatura soluţiilor de developare.

Pentru obţinerea rezultatelor reproductibile este necesară stabilirea condiţiilor standard de developare.

De aceea, standardele sensitometrice stabilesc reguli privind developarea sensitogramelor. Iniţial se considera că pentru toate materialele fotografice în determinările sensitometrice trebuie să se folosească un singur revelator.

Ţinînd seama de necesitatea de a apropia condiţiile de încercare a materialelor fotografice de condiţiile în care ele sînt prelucrate la folosire, majoritatea standardelor sensitometrice stabilesc cîteva categorii de materiale fotografice şi în funcţie de acestea revelatorii specifici fiecărei clase.

Sistemul sensitometric GOST (sovietic), de exemplu, împarte materialele fotografice în funcţie de caracteristicile lor sensitometrice în patru clase şi recomandă o anumită formulă de revelator pentru fiecare clasă de material.

Standardul sensitometric american , ASA, recomandă în acelaşi scop doi revelatori, unul de activitate medie şi unul de activitate joasă.

În tabelele 8 şi 9 se dau cîteva formule de revelatori standard pentru sensitometrie, după sistemele GOST şi ASA.

Pe lîngă compoziţia revelatorilor, în determinările sensitometrice pentru încercarea materialelor fotografice trebuie

respectate prevederile standardelor şi în ceea ce priveşte temperatura de developare şi gradul de agitare. În multe laboratoare de sensitometrie din industria producătoare de filme, precum şi în industria cinematografică, se folosesc maşini speciale de developare care dau o imagine foarte uniformă şi rezultate reproductibile. Schema unei instalaţii de developare pentru sensitograme se dă în figura 54.

Pentru a se căpăta rezultate cît mai constante s-a propus developarea filmelor în poziţie verticală şi o agitaţie

Tabela 8

Compoziţia revelatorilor pentru sensitometrie, reglementate de Standardul GOST 2817-5o

| Compoziţia revelatorului | Cantitatea componenţilor în grame | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Grupa materialelor fotografice | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Materiale pentru aerofotografie, plăci şi peliculele negative, materiale fototehnice | Pelicule negative pentru cinematografie, pelicule fotoamatori | Pelicule pozitive cinematografice | Pelicule pentru înregistrarea sunetului |
| Metol | 1 | 8 | 2 | 4 |
| Hidrochinonă | 5 | - | 6 | 14,4 |
| Sulfit de sodiu anhidru | 26 | 12,5 | 2o | 6o |
| Carbonat de sodiu anhidru | 2o | 5,75 | 26 | 21,6 |
| Bromură de potasiu | 1 | 2,5. | 4,5 | 2 |

Tabela 9

Compoziţia revelatorilor pentru sensitometrie reglementate de Standardul American ASA.Z,38, 2.1-1947

| Revelatorul ASA de activitate medie | | Revelatorul ASA de activitate joasă | |
|---|---|---|---|
| Metol | 2 g | Metol | 2 g |
| Sulfit de sodiu anhidru | 5o g | Sulfit de sodiu anhidru | 8o g |
| Hidrochinonă | 4 g | Hidrochinonă | 4 g |
| Carbonat de sodiu anhidru | 6 g | Borax | 4 g |
| Bromură de potasiu | o,75 g | Bromură de potasiu | o,5 g |
| Apă pînă la 1ℓ | | Apă distilată pînă la 1ℓ | |

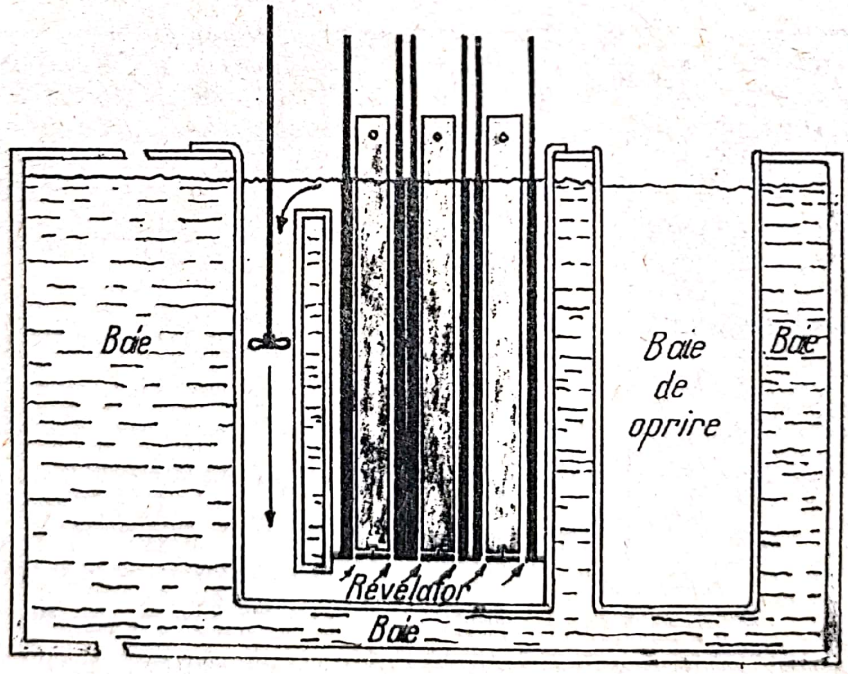



Fig.54. Schema unei instalaţii de developare a sensitogramelor.

constantă a soluţiei, nu prea energică, pentru a permite un schimb continuu la suprafaţa filmului între revelatorul epuizat şi revelatorul proaspăt. Se poate efectua fie o agitare mecanică a lichidului prin pompare, fie prin barbotarea unui gaz inert, azot, argon sau bioxid de carbon. În cazul cînd se efectuează o agitare mecanică a soluţiei, se poate adopta şi sistemul unei balansări sau mişcări lente a vasului de developare. Barbotarea cu gaz şi **recirculaţia soluţiei de revelator** sînt sistemele cele mai utilizate în practică.

Asigurarea unei temperaturi constante a revelatorului în timpul developării este realizată prin aducerea prealabilă a revelatorului, într-un alt vas, la temperatura necesară, cu sau fără termostatarea, la temperatura respectivă, a vasului de developare. Temperatura în timpul developării este măsurată şi indicată în permanenţă, la maşinile de developare, de către instrumente de control.

## 7. Densitatea optică şi măsurarea ei

Se ştie că o rază de lumină de intensitate $I_o$, cînd întîlneşte în cale un corp, suferă în general trei categorii de fenomene:

a) Lumina este transmisă, fenomen numit t r a n s p a r e n ţ ă (T), a cărei valoare $T = \frac{I_t}{I_o}$, în care $I_t$ este intensitatea luminii transmise.

Cînd T = 0, corpurile se numesc o p a c e, iar cînd T = 1, corpurile sînt perfect t r a n s p a r e n t e. Valoarea inversă a transparenţei se numeşte opacitate (O); $O = \frac{I}{T} = \frac{I_o}{I_t}$. Logaritmul zecimal al opacităţii se numeşte densitate optică (D). $D = \lg O = \lg \frac{1}{T} = -\lg T$ sau $D = \lg \frac{I_o}{I_t} = -\lg \frac{I_t}{I_o}$.

Unitatea de măsură pentru densitatea optică reprezintă acea densitate optică pentru care $I_t$ este de zece ori mai mic ca $I_o$, adică $\frac{I_o}{I_t} = 10$ şi $D = \lg 10 = 1$. Noţiunea de densitate optică se foloseşte în măsurătorile sensitometrice.

Sînt corpuri care transmit diferit lumina de diferite lungimi de undă. Pe această proprietate se bazează utilizarea filtrelor de lumină (figura 55).

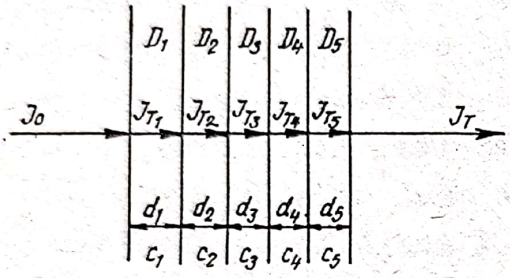



Fig.55. Schema transmisiei luminii prin mai multe straturi cu densităţi optice diferite: $I_o$ - intensitatea luminii incidente; $I_T$ - intensitatea luminii finale transmise; $I_{T_1} \ldots I_{T_5}$ - intensităţile luminii transmise prin straturile $D_1 \ldots D_s$; $d_1 \ldots d_s$ - grosimea straturilor; $C_1 \ldots C_5$ - concentraţiile straturilor.

Cînd lumina trece prin straturi transparente succesive, densitatea optică totală este suma densităţilor optice al fiecărui strat: $D = D_1 + D_2 + \ldots + D_n = D_i$ (figura 55).

b) Lumina incidentă este reflectată, fenomen numit r e f l e x i e (R), a cărei valoare $R = \frac{I_R}{I}$, în care $I_R$ este intensitatea luminii reflectate.

Reflexia este un fenomen de suprafaţă şi depinde de natura şi starea suprafeţei corpului. Pentru corpurile cu suprafeţe lucioase şi albe, R este mai mare, pentru suprafeţele rugoase şi închise la culoare, R este minim.

Valoarea inversă a reflexiei se numeşte d e n s i t a t e d e r e f l e x i e ($D_R$) şi este analog valorii densităţii optice de transmisie:

$$D_R = \frac{I_o}{I_R} .$$

c) Lumina este reţinută de substanţă, fenomen numit a b s o r b ţ i e (A):

$$A = \frac{I_A}{I} ,$$

în care $I_A$ este intensitatea luminii absorbite.

Cînd A = 1 pentru toate lungimile de undă, substanţa este perfect neagră şi avem de-a face cu corpul negru absolut (fig.51). Absorbţia luminii nu se poate determina direct, se măsoară de obicei celelalte fenomene, iar absorbţia se calculează, ştiind că cele trei constante $I_T + I_A + I_R = 1$.

Întrucît imaginea fotografică are proprietatea ca în diferite regiuni ale sale, în funcţie de cantitatea de argint formată la developare, să transmită sau să reflecte într-o măsură diferită lumina incidentă, proprietăţile optice ale imaginii prezintă o importanţă deosebită.

Cînd un fascicul de lumină întîlneşte în drumul său o imagine fotografică, o parte din fascicul se reflectă, o parte se absoarbe, o parte este difuzată de strat şi altă parte se transmite fără schimbarea direcţiei. După cum rezultă din figura 56,

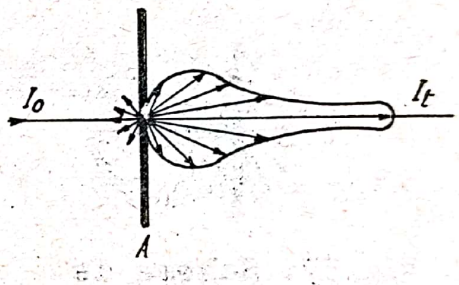



Fig.56. Distribuţia spaţială a unui fascicul de lumină interceptat de o suprafaţă.

distribuţia spaţială a fasciculului transmis $I_t$ acoperă o anumită suprafaţă. Gradul de absorbţie al luminii de către imaginea cu o anumită înnegrire se măsoară în unităţi de densitate optică după formula:

$$D = \lg \frac{I_p}{I_t}.$$

Noţiunea de densitate optică nu se aplică numai pentru înnegrirea fotografică, ci pentru diferite materiale transparente, ca: filtre de lumină, sticle colorate, straturi de lichide etc.

Mărimea densităţii optice determinată prin măsurarea uneia şi aceleiaşi înnegriri poate fi diferită în funcţie de condiţiile de măsurare ale lui $I_o$ şi $T_t$. În funcţie de aceas-

ta se pot defini densitatea optică de difuzie , densitatea optică regulată şi densitatea de difuzie dublă.

Densitatea optică de difuzie se defineşte prin ecuaţia de mai sus, cu condiţia ca fluxul de lumină incident să cadă perpendicular pe suprafaţa stratului de măsurat şi să se măsoare tot fasciculul transmis (fig.57,a).

Densitatea optică regulată sau normală se numeşte mărimea obţinută în cazul cînd fasciculul incident este perpendicular pe suprafaţa eşantionului de măsurat şi se măsoară numai partea care se transmite prin strat, păstrîndu-şi direcţia iniţială (fig.57,b).

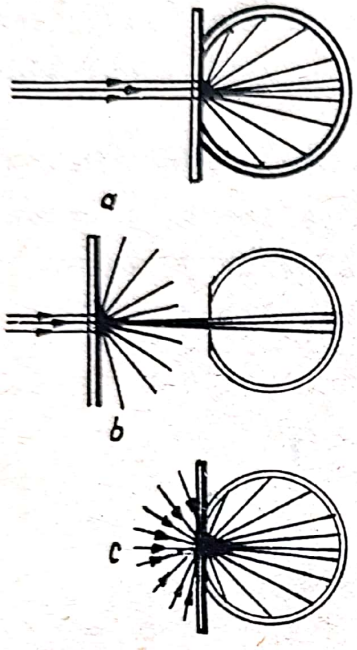



Fig.57. Schema de măsurare a densităţilor optice: a- densitatea optică de difuzie; b- densitatea optică regulată sau normală; c - densitatea optică de difuzie dublă.

Densitatea de difuzie dublă se obţine atunci cînd fasciculul incident este complet difuz şi se măsoară tot fasciculul transmis prin strat (fig.57,c).

Influenţa difuziei luminii asupra valorii relative a densităţii optice regulate şi de difuzie a fost obiectul multor controverse. Cercetîndu-se efectul difuziei luminii asupra valorii densităţii optice, s-a stabilit o dependenţă între densitatea optică regulată $D_{ll}$ şi cea de difuzie $D_H$ . Ca urmare s-a introdus o mărime, denumită c o e f i c i e n t u l C a l l i e r, care reprezintă raportul între densitatea optică regulată şi cea de difuzie:

$$Q = \frac{D_{ll}}{D_H}$$

Coeficientul Callier ar trebui să fie independent de valoarea densităţii, dar în realitate variază cu aceasta. El variază de asemenea cu contrastul. Variaţia coeficientului Callier cu valoarea densităţii şi a contrastului este reprezentată în figura 58.

Coeficientul Callier se utilizează în practică într-o serie de măsurători privind structura imaginilor developate.

Densitatea optică se măsoară în practică cu aparatele denumite densitometre. Acestea sînt aparate care funcţionează pe principiul fotometrelor. Densitatea se măsoară în lumina transmisă pentru materialele transparente şi în lumina reflectată pentru materialele cu suport netransparent.

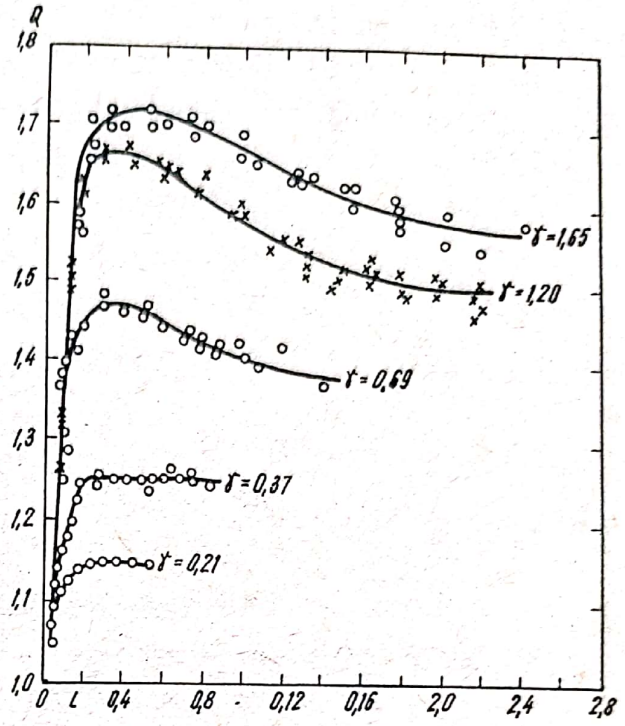



Fig.58. Variaţia coeficientului Callier cu mărimea densităţii şi a contrastului.

a. <u>Măsurarea densităţii de transmisie.</u> Densitometrele de transmisie sînt de două tipuri: vizuale şi obiective (fotoelectrice).

<u>Densitometrele vizuale</u> au fost primele introduse în practică. Ele au încă şi astăzi o răspîndire destul de largă. Sînt aparate simple din punctul de vedere al construcţiei şi comode la folosire. Se cunosc un mare număr de tipuri de densitometre din această categorie. La majoritatea dintre ele, densitatea optică de măsurat se apreciază prin compararea cu un clin optic calibrat sau cu o serie de clinuri. Schema unui densitometru vizual este reprezentată în figura 59. Lumina de la o sursă A trece printr-un clin optic circular W, cade pe o sticlă mată H şi apoi pe stratul fotografic care se găseşte în contact cu această sticlă.

Observatorul, privind prin ocularul J, vede o pată circulară, imaginea proiectată pe sticla mată a sursei. Lumina care trece prin eşantionul de măsură este mai întîi modulată

de eşantion, apoi de clinul optic. O altă fracţiune din fasciculul de lumină de la sursă vine pe calea B, C, D, G, servind ca fascicul de comparaţie. Acesta se reflectă mai întîi

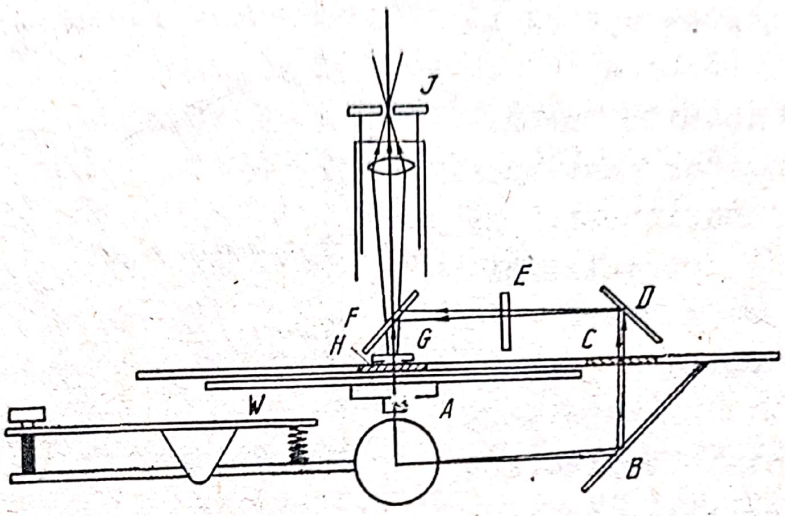



Fig.59. Schema unui densitometru vizual.

pe oglinda semitransparentă F şi apoi pe oglinda G.În acest mod, privind prin ocular, observatorul vede cîmpul iluminat de fasciculul de comparaţie şi la mijlocul acestuia o mică pată circulară care reprezintă imaginea sursei de lumină după ce fasciculul a străbătut eşantionul. Intensitatea luminoasă a celor două imagini se egalează variind densitatea clinului în funcţie de transparenţa imaginii. Densitatea optică a imaginii poate fi cunoscută dacă se cunoaşte densitatea clinului. Precizia de măsură cu aceste densitometre nu poate depăşi o,ol unităţi de densitate, datorită impreciziei ochiului.

Volumul mare de citiri de densitate care trebuie efectuate într-un laborator de control, ca şi precizia necesară au dus la apariţia densitometrelor cu fotocelulă. Acestea sînt mai rapide la folosire şi mai exacte, mai ales în cazul cînd aparatul lucrează cu înregistrare automată. Progresele realizate în ultimul timp în electronică au făcut posibilă apariţia

densitometrelor fotoelectrice, care pot măsura cu precizie înnegrirea pe o scară largă de densităţi (0-5).

Schema unui densitometru fotoelectric este reprezentată în figura 6o. Acesta este compus din: o sursă de lumină cu o intensitate riguros constantă, o fotocelulă, un amplificator de curent electric, un instrument de măsură a curentului obţinut, etalonat în unităţi de curent electric(mA) sau în unităţi de densitate. De la sursa de lumină, fasciculul incident cade perpendicular pe eşantionul de măsură, iar fasciculul transmis de imaginea fotografică este recepţionat de catoda unei fotocelule (fotocelula este un dispozitiv care poate transforma energia luminoasă în energie electrică). Fotocelula conţine un element foto sensibil,seleniu,cesiu etc.,care,recepţionînd un fascicul de lumină, are proprietatea de a emite electroni, provocînd astfel apariţia unui curent electric. Întrucît curentul emis de fotocelulă este foarte slab pentru a putea fi măsurat, el trebuie să fie mai întîi amplificat la o mărime măsurabilă. Acest lucru este realizat cu ajutorul amplificatorului electronic introdus în circuit. Mărimea fotocurentului amplificat este citită pe un microampermetru etalonat de obicei în unităţi de densitate

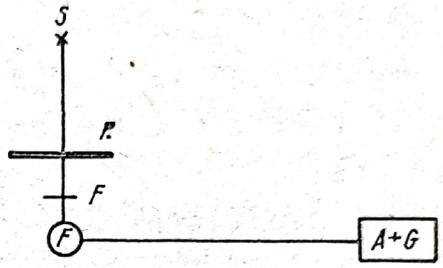



Fig.6o. Schema unui densitometru fotoelectric.

Precizia densitometrelor fotoelectrice depinde de stabilitatea sursei luminoase şi de precizia instrumentului de măsură.

Pentru obţinerea unor rezultate cît mai exacte este necesar ca sursa de lumină să se alimenteze prin intermediul unui stabilizator de tensiune,iar caracteristicile fotocelulei cît şi ale tuburilor folosite să fie controlate înainte de întrebuinţare.

b. <u>Măsurarea densităţii prin reflexie</u>. Cînd imaginea fotografică se află pe un suport opac, şi acesta este cazul copiilor pe hîrtie fotografică, este necesar să se măsoare densi-

tatea optică a imaginii în lumină reflectată. În mod analog cu densitatea de transmisie, densitatea de reflexie se exprimă prin raportul:

$$D_R = \frac{I_o}{R} .$$

Ca şi la măsurarea densităţii optice de transmisie, distribuţia luminii reflectate este unul din factorii cei mai importanţi care influenţează mărimea măsurată a densităţii.

Pentru evidenţierea detaliilor se foloseşte o iluminare directă.

În densitometrele de reflexie, eşantionul se iluminează sub un unghi de 45°, iar citirea se efectuează pe o direcţie perpendiculară. La diferite instrumente, unghiurile de iluminare şi observare pot fi schimbate între ele.

Diferite tipuri de densitometre de transmisie pot fi echipate şi pentru măsurarea densităţii în lumină reflectată.

## B. Proprietăţile sensitometrice ale materialelor fotografice

### 1. Sensibilitatea fotografică

Scopul principal al sensitometriei este determinarea sensibilităţii materialelor fotografice. Sub denumirea de s e n s i b i l i t a t e se înţelege de obicei sensibilitatea generală a unei emulsii care caracterizează efectul fotografic în domeniul spectral, în care emulsia absoarbe radiaţii.

Se mai foloseşte în practică şi noţiunea de sensibilitate spectrală a emulsiei. Aceasta caracterizează domeniul spectral în care emulsia este sensibilă.

Sensibilitatea generală a unui material fotografic nu este aceeaşi la diferite trepte de expunere; ea diferă în funcţie de nivelul expunerii. De aceea este indicat ca metoda de

măsură a sensibilităţii să fie adecvată scopului pentru care materialul este destinat. De exemplu, în fotografia artistică condiţiile de expunere sînt altele decît în fotografia astronomică. În astronomie sînt uzuale expuneri de minute şi ore, pe cînd în fotografia artistică se folosesc expuneri de ordinul fracţiunilor de secundă.

Evaluarea sensibilităţii cu ajutorul curbei caracteristice presupune alegerea unui criteriu pentru definirea ei.

Necesitatea de a defini sensibilitatea într-un mod cît mai aproape de condiţiile de lucru cu materialele curente şi într-un mod cît mai complet a dus la apariţia a numeroase sisteme sensitometrice. Cele mai importante dintre acestea aflate în uz sînt: DIN (Germania), GOST (U.R.S.S.), ASA (S.U.A).

Ca exemplu se descrie pe scurt modul de determinare a sensibilităţii în sistemele DIN, GOST, ASA.

Sistemul sensitometric DIN a fost adoptat în Germania în 1931. În acest sistem, sensibilitatea se exprimă prin relaţia:

$$S_{o,1} = \frac{1}{H_{Do+o,1}}$$

şi reprezintă inversul expunerii pentru care se capătă o densitate de o,1 unităţi deasupra voalului. Această expunere este însemnată în relaţia dată prin $H_{Do+o,1}$, Do fiind densitatea de voal. În acest sistem, sensibilitatea se exprimă în grade DIN.

Sistemul sensitometric GOST a fost reglementat în U.R.S.S. printr-un standard sensitometric de stat în 1950. Drept criteriu al sensibilităţii se foloseşte aici acea valoare a expunerii corespunzătoare unei densităţi cu o,2 unităţi deasupra voalului. Sensibilitatea este definită deci prin formula:

$$S_{o,2} = \frac{1}{H_{Do+o,2}},$$

unde $H_{Do+o,2}$ este expunerea corespunzătoare unei densităţi cu o,2 unităţi deasupra voalului.

Sensibilitatea în acest sistem se exprimă în unităţi GOST. O unitate GOST este egală cu sensibilitatea unui strat fotografic pentru o densitate optică cu o,2 unităţi deasupra voalului corespunzătoare unei expuneri de 1 lux-secundă.

În afară de criteriul $S_{o,2}$, în sistemul GOST se mai defineşte şi criteriul $S_{o,85}$, care se aplică filmelor de sensibilitate ridicată (pentru aerofotografie de exemplu). Conform acestui criteriu, sensibilitatea se exprimă prin inversul expunerii necesare pentru a se obţine o înnegrire cu o,85 unităţi de densitate deasupra voalului:

$$S_{o,85} = \frac{1}{H_{D_{o+o,85}}}.$$

Conform sistemului sensitometric ASA, criteriul de măsurare a sensibilităţii fotografice se bazează pe stabilirea expunerii minimale corespunzătoare părţilor celor mai întunecate ale obiectului de fotografiat, care să permită a se obţine după fotografiere un negativ de pe care să se poată scoate un pozitiv de calitate superioară.

După sistemul sensitometric ASA, sensibilitatea unui material se stabileşte prin formula:

$$S = \frac{K}{Hg},$$

în care: Hg este expunerea ce corespunde unui gradient al curbei caracteristice egal cu o,3 din gradientul mediu, pentru un interval util de expunere egal cu 1,5; K- constantă egală cu loo.

Dacă mărimea sensibilităţii găsite pe această cale se împarte cu 4, se găseşte indicele de expunere ASA, adică indicele de expunere ASA = sensibilitatea ASA/4.

Sensibilitatea se mai poate exprima în grade Weston. Conform acestui criteriu, sensibilitatea se exprimă ca 4/E,

unde E este expunerea corespunzătoare unei valori determinate a densităţii. Sensibilităţile sînt grupate după acest sistem, pe baza determinărilor sensitometrice în clase.

Pentru practică ar fi interesant să se poată face o trecere uşoară de la un sistem de unităţi de sensibilitate la altul. De exemplu, ar fi util să se poată stabili corespondenţa între grade DIN şi indicele de expunere ASA. Cum însă diferitele sisteme sensitometrice au la bază criterii principial diferite, aceasta nu este posibil pe o bază teoretică. O asemenea corespondenţă era mai dificil de stabilit în trecut, cînd sistemul sensitometric DIN recomanda developarea pînă la atingerea sensibilităţii maxime, pe cînd sistemul ASA foloseşte un timp determinat de developare. În 1954, procedeul de developare DIN a fost schimbat în concordanţă cu ASA. Ulterior s-a putut stabili o relaţie logaritmică suficient de bună. Această relaţie este:

$lg_{10}$ (indicele de expunere ASA) = 1/10 (sensibilitatea DIN-1).

De exemplu, un indice de expunere ASA de 100 este echivalent cu $21^{\circ}$ DIN şi un indice de expunere ASA de 10 este echivalent cu $11^{\circ}$ DIN.

Trebuie menţionat că în tehnica fotoreproducerilor se utilizează mai puţin exprimarea sensibilităţii în unităţile sistemelor sensitometrice clasice (DIN, ASA, GOST etc.).

Sensibilitatea materialelor f o t o t e h n i c e se exprimă în mod relativ prin raportul timpilor de expunere pentru două sortimente diferite expuse la aceeaşi sursă de lumină dintre care sensibilitatea unuia este luată drept unitate. Acest lucru rezultă din tabela 10 pentru sorturile de filme fototehnice ORWO. Din tabelă reiese că sensibilitatea este exprimată în mod relativ prin raportul timpilor de expunere faţă de filmul fototehnic B nesensibilizat, a cărui sensibilitate a fost luată ca unitate. Sensibilităţile se referă la timpii relativi de expunere pentru lumina de arc voltaic şi lumina de lampă nitrafot.

Tabela 1o

Sensibilitatea relativă
a filmelor fototehnice AGFA (ORWO)

| Sortul filmului | Sensibilitatea la lumină de arc voltaic | Sensibilitatea la lumină de lampă nitrafot |
|---|---|---|
| Printon K | 1/3 | 1/4 |
| Printon R | 3/4 | 1/3 |
| Autolit orto | 1 1/4 | 1 1/2 |
| Fototehnic A nesensibilizat | 3/4 | 1/2 |
| Fototehnic A Pan | 3/4 | 2 |
| Fototehnic B nesensibilizat | 1 | 1 |
| Fototehnic C orto | 1 1/4 | 3 |
| Fototehnic C Pan | 2 | 6 |

## 2. Gradientul curbei caracteristice şi contrastul imaginii fotografice

Destinaţia principală a unui material fotografic este să reproducă drept diferenţă de densitate diferenţele de luminozitate ale unui obiect. Pentru a caracteriza materialele fotografice din acest punct de vedere, a fost necesar să se definească o mărime care să exprime în ce mod variaţiile cele mai mici ale expunerilor sînt traduse ca variaţii de densitate. Această mărime se defineşte cu ajutorul curbei caracteristice şi se numeşte gradient al curbei caracteristice. El se exprimă prin relaţia:

$$g = \frac{dD}{d\ \lg H} = tg\alpha$$

şi arată care este variaţia densităţii pentru o variaţie oarecare a expunerii. El se poate măsura prin tangenta la curbă în punctul respectiv (fig.61). Gradientul curbei caracteristice variază de-a lungul acesteia şi are o valoare constantă numai în porţiunea rectilinie.

În practică a fost necesar să se introducă o mărime uşor măsurabilă, denumită contrast, şi care reprezintă gradientul curbei caracteristice în regiunea sa rectilinie.

Contrastul se înseamnă cu litera $\gamma$ şi se determină prin relaţia:

$$\gamma = \frac{dD}{d\ lgH} = tg\ \alpha\ ,$$

în regiunea rectilinie a curbei caracteristice.

El se poate determina grafic prin tangenta unghiului dintre axa absciselor şi prelungirea porţiunii rectilinii a curbei caracteristice (figura 61).

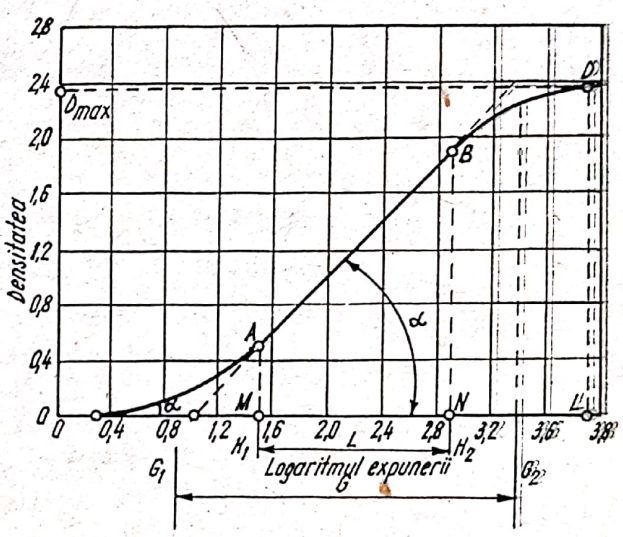



Fig.61. Definirea unor mărimi sensitometrice pe curba caracteristică.

Contrastul defineşte deci acea proprietate a diferitelor materiale fotografice ca pentru aceeaşi variaţie a expunerii să dea creşteri diferite de densităţi.

Valoarea contrastului reprezintă unul din criteriile după care se clasifică materialele fotografice prelucrate. Mărimea sa depinde de natura emulsiei, pe de o parte, şi de condiţiile de prelucrare, pe de altă parte.

Pentru practica developării fotografice este importantă şi mărimea $\gamma_{max}$, denumită şi coeficient maximal de contrast. Ea exprimă contrastul maxim care poate fi atins de un anumit material în anumite condiţii de prelucrare.

3. Latitudinea de fotografiere

Întinderea porţiunii rectilinii a curbei caracteristice pentru care gradientul are o valoare constantă caracterizează mărimea denumită latitudine de fotografiere. Aceasta este determinată de diferenţa logaritmilor expunerilor corespunzătoare începutului şi sfîrşitului porţiunii rectilinii a curbei caracteristice (fig.61), conform relaţiei:

$$L = \lg H_2 - \lg H_1$$

sau:

$$L = \lg \frac{H_2}{H_1},$$

unde:

$H_2$ este expunerea corespunzătoare limitei superioare a porţiunii rectilinii a curbei;

$H_1$ - expunerea corespunzătoare limitei inferioare a porţiunii rectilinii.

În intervalul de expuneri care corespunde latitudinii de fotografiere, toate imaginile corespunzătoare diferitelor porţiuni ale negativului au acelaşi contrast şi la copiere ele permit a se obţine imagini pozitive identice.

Similar latitudinii de fotografiere se defineşte şi mărimea de interval util de expunere marcată în figura 61:

$$G = \ell g\, G_2 - \ell g\, G_1.$$

Extinderea acestuia este dată de valorile minime ale gradientului curbei caracteristice.

4. Pragul de voal

Curba caracteristică permite a se defini încă o mărime care interesează în practică, p r a g u l d e v o a l .

Pentru un material fotografic cu caracteristici satisfăcătoare şi o prelucrare corectă, acesta nu trebuie să depăşească valoarea de o,o5 unităţi de densitate.

Pragul de voal se determină prin punctul de intersecţie al curbei caracteristice cu axa ordonatelor (ordonată la origine a curbei).

În cazul cînd prin developare se capătă o densitate de voal mai mare de o,o5 unităţi, înseamnă că developarea nu a fost executată corect sau materialul a depăşit termenul de păstrare.

## 5. Dependenţa coeficientului de contrast de developare

Aprecierea gradului de developare în mod vizual de către experimentator introduce o serie de erori subiective,iar la emulsiile pancromatice acest lucru nu este practic posibil.

Pentru efectuarea unei developări de bună calitate, cu rezultate reproductibile, este necesar ca developarea materialelor fotografice să se efectueze pînă la o anumită valoare a coeficientului de contrast şi pînă la o anumită densitate.

Durata de developare trebuie să se determine în acest caz prin încercări preliminare.

Contrastul variază în timpul prelucrării. El creşte pe măsură ce developarea avansează pînă la o anumită valoare corespunzătoare contrastului maxim, apoi scade. Acest lucru este ilustrat în figura 62, în care este reprezentată variaţia lui $\gamma$ , în funcţie de durata developării.

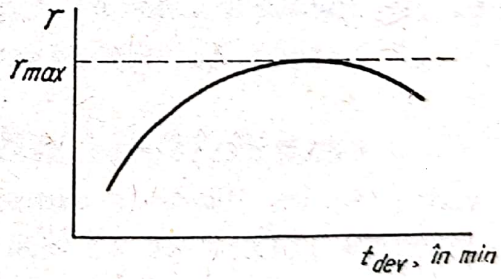



Fig.62. Variaţia contrastului în timpul developării.

Mărimea lui $\gamma$ pînă la care se efectuează developarea se stabileşte în funcţie de scopul pentru care este destinat ma-

terialul. Filmele artistice şi negativele pentru portrete se developează pînă la un $\gamma$ = 0.6-0.7. În fotografia tehnică şi documentară, developarea se efectuează pînă la valori mai ridicate ale lui $\gamma$ .

În funcţie de contrastul pe care trebuie să-l aibă imaginea se alege durata developării şi felul revelatorului. Toţi revelatorii trebuie să dea aproape aceeaşi valoare a lui $\gamma_{max}$, întrucît aceasta depinde de felul materialului fotografic folosit, dar timpul în care se atinge $\gamma_{max}$ depinde de felul revelatorului. Acest timp este de exemplu de 2-4 min pentru revelatorii contrast şi peste 10 min pentru revelatorii moi.

Pentru developarea unui negativ pînă la o valoare a lui $\gamma$ nu prea ridicată nu este indicat şi nici comod să se folosească un revelator de contrast ridicat. Valoarea mică a lui $\gamma$ se atinge în acest caz foarte repede şi este greu ca developarea să se oprească la momentul necesar. Se preferă de aceea, în asemenea scopuri, revelatori moi.

## 6. Dependenţa sensibilităţii şi a voalului de durata developării

Sensibilitatea atinsă la developarea unui material fotografic nu depinde numai de natura materialului, ci între anumite limite şi de condiţiile de prelucrare. Sensibilitatea creşte mai întîi puternic cu durata developării, apoi mai încet, după care începe să scadă. Acest lucru este ilustrat în figura 63,a, unde este reprezentată curba: S = f(t).

Valoarea lui $S_{max}$ se atinge mai tîrziu decît valoarea lui $\gamma_{max}$. De aceea, sensibilitatea obţinută pentru o developare oarecare se găseşte sub valoarea sa maximă.

În timpul developării, concomitent cu valoarea sensibilităţii, creşte şi valoarea voalului. La început, acesta

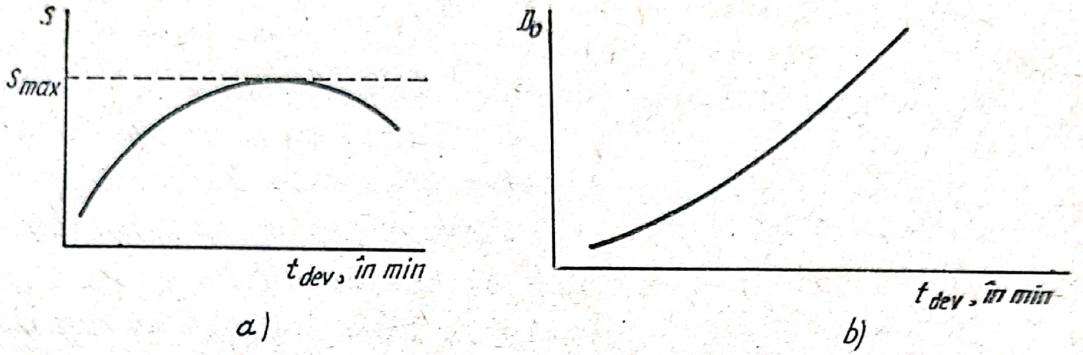



Fig.63. Variaţia sensibilităţii şi a voalului fotografic în timpul developării.

creşte foarte încet, apoi, pe măsură ce developarea progresează, în apropierea lui $S_{max}$, începe să crească foarte repede. Acest lucru este ilustrat în figura 63,b, unde este reprezentată variaţia lui $D_0$ (voalul) în funcţie de durata developării.

## C. Măsurarea sensibilităţii spectrale

### 1. Principiul determinării sensibilităţii spectrale

La reproducerea de imagini ale obiectelor colorate fie în semitonuri alb-negru, fie în culori, este de mare importanţă cunoaşterea sensibilităţii spectrale a materialului în regiunea vizibilă a spectrului.

Toate metodele de determinare a sensibilităţii spectrale se bazează pe expunerea acestora la radiaţii cuprinse între limite de lungimi de undă bine determinate. O asemenea expunere se realizează cu ajutorul diverselor aparate: spec-

trografe, spectrosensitometre, sensitometre prevăzute cu filtre optice cu caracteristici bine definite.

În mod calitativ, sensibilitatea spectrală se poate determina şi cu ajutorul scalelor de culori. Aceasta este metoda care se aplică în mod curent în laboratoarele de rutină.

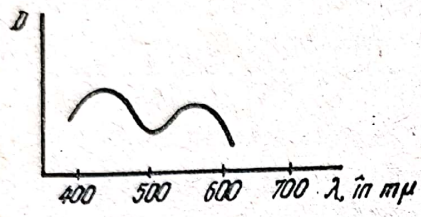



Fig.64. Curba D-$\lambda$ pentru un material fotografic sensibilizat optic.

Pentru determinarea sensibilităţii spectrale este necesar ca un eşantion din materialul de studiat să fie expus la un fascicul de radiaţii bine definit ca lungime de undă. Se reprezintă apoi curba de variaţie a înnegririi obţinute în funcţie de lungimea de undă $\lambda$. Curba D-$\lambda$ obţinută caracterizează sensibilitatea spectrală a materialului de cercetat. O asemenea curbă este reprezentată în figura 64 pentru o emulsie pancromatică.

Întrucît curba de dependenţă a densităţii de lungimea de undă depinde nu numai de sensibilitatea emulsiei, ci şi de distribuţia energiei în spectrul dat, adică de felul sursei folosite, rezultă că se pot face comparări ale sensibilităţii spectrale ale unor materiale numai pentru cazul cînd spectrogramele se obţin cu aceeaşi sursă de lumină sau cînd se cunoaşte distribuţia energetică a radiaţiilor emise de sursă.

## 2. Determinarea sensibilităţii spectrale cu ajutorul scalelor de culori

Într-o serie de scopuri practice privind, în primul rînd, folosirea materialelor pentru fotografierea în culori sau obţinerea negativelor pentru selecţia de culoare, se foloseşte metoda scalelor de culori. Rezultatele obţinute pe această cale trebuie însă privite cu titlu orientativ. În acest caz, pe

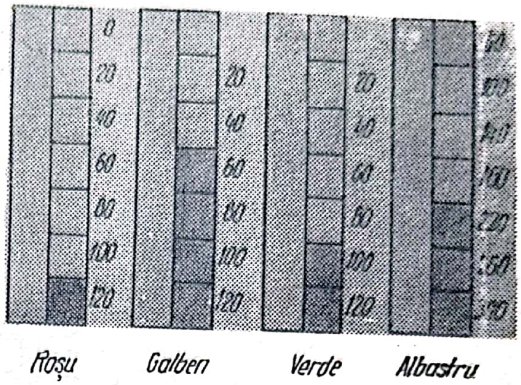



Fig.65. Scala de culori Agfa -Gevaert.

materialul cercetat se fotografiază o scală de culori şi o scală alb-negru. Densităţile obţinute pe fiecare bandă de culoare se compară ca înnegrire cu o anumită treaptă de densitate cunoscută de pe scala alb-negru.

În practica spectrosensitometrică se folosesc diferite asemenea scale: AGFA, Gevaert, Kodak. În figura 65 sînt reprezentate scale de culori AGFA.

## Capitolul VII

## STRUCTURA ŞI PROPRIETĂŢILE IMAGINII FOTOGRAFICE DEVELOPATE

### A. Caracteristici ale imaginilor fotografice developate

#### 1. Structura granulară a imaginii developate

Imaginea fotografică vizibilă, deşi pare uniformă şi continuă privită cu ochiul liber, are în realitate o structură granulară. Aceasta se poate observa privind cu lupa la o mărire de 5-10 ori (fig.66). Structura granulară a imaginii fotografice poate apărea chiar la copiere, cînd imaginea negativă se măreşte foarte mult.

Structura granulară a imaginii se datorește formării de agregate de grăunți de argint, prin developare, răspîndite în mod neuniform în interiorul stratului de gelatină. Aspectul

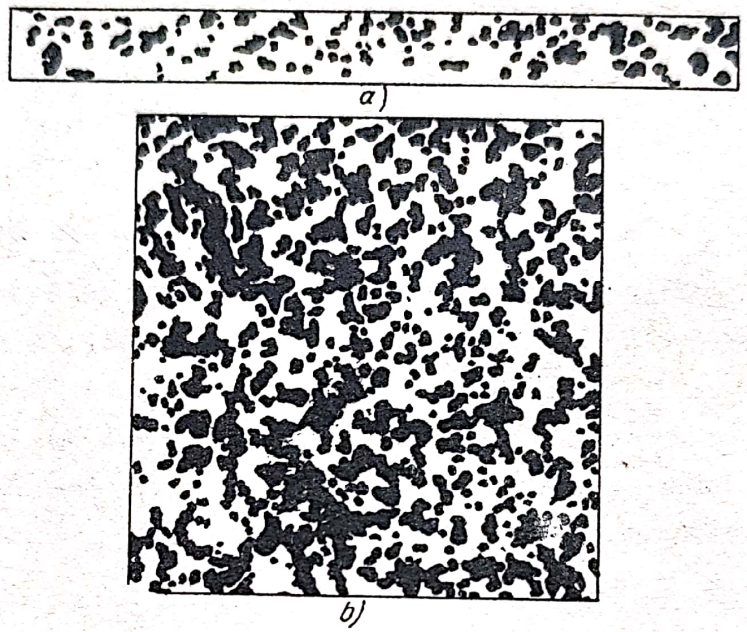



Fig.66. Structura granulară a imaginii fotografice developate privite la microscop: a- secțiune în stratul fotografic; b- vedere în plan a stratului developat.

de neuniformitate pe care îl prezintă imaginea developată a fost denumită g r a n u l a ț i a  i m a g i n i i sau  m a c r o g r a n u l a ț i e.

Această distribuție neuniformă a argintului developat provine, în primul rînd, din lipirea la developare a grăunților cu formare de conglomerate mai mari sau mai mici.

Macrogranulația imaginii fotografice ce devine vizibilă la o mărire de 5-lo ori are, la rîndul său, o suprastructură denumită  m i c r o g r a n u l a ț i e,  care devine vizibilă la mărire de peste loo de ori. Microgranulația se datorește percepерii la observare a grăunților individuali ce formează imaginea de argint, rezultați din grăunții inițiali ai emulsiei.

Ambele proprietăţi ale imaginii sînt foarte importante pentru caracterul imaginilor obţinute.

Granulaţia imaginii fotografice developate (atît macrocît şi microgranulaţia) se poate determina experimental. Cea mai expeditivă dintre metodele pentru determinarea macrogranulaţiei (a neuniformităţii imaginii) este metoda de protecţie sau de copiere la o mărime cunoscută a imaginii studiate. Practic se procedează în felul următor: imaginea aflată pe materialul de studiat se proiectează pe un ecran sau se copiază mărindu-se într-un anumit raport. Se creşte continuu scara de mărire pînă cînd devine vizibilă granulaţia imaginii. Inversul măririi la care devine vizibilă granulaţia se numeşte f a c t o r d e g r a n u l a ţ i e, g:

$$g = \frac{K}{n},$$

unde K = 100.

Granulaţia imaginii developate depinde atît de natura materialului (granulaţia emulsiei), cît şi de felul revelatorului.

Revelatorii foarte activi care developează imaginea într-un timp scurt la densitate ridicată provoacă uneori apariţia unei structuri de granulaţie mare.

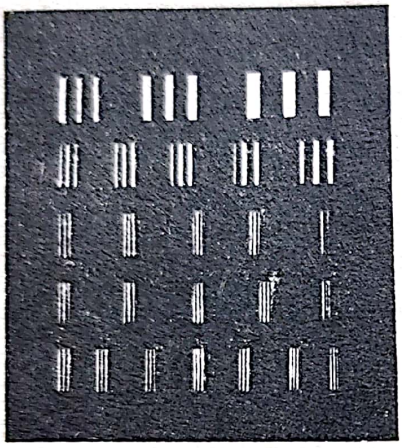
De aceea, pentru imaginile unde interesează detalii se folosesc revelatori de granulaţie fină, care permit obţinerea unei imagini cu structură granulară fină.

## 2. Capacitatea de rezoluţie (de separaţie)

Capacitatea sau puterea de rezoluţie a unui material fotografic caracterizează acea proprietate a materialului respectiv de a reda în mod separat detalii mici ale obiectului fotografiat. Valoarea capacităţii de rezoluţie are o importanţă esenţială pentru reproducerea detaliilor mici ale ima-

ginilor. Capacitatea de rezoluţie se exprimă prin numărul de trăsături (linii) de grosime egală trasate la distanţe egale cu grosimea lor, care pot fi redate separat prin fotografiere, pe 1 mm de imagine.

Metoda aplicată, în general, pentru măsurarea puterii de rezoluţie, constă în a fotografia pe materialul de cercetat un



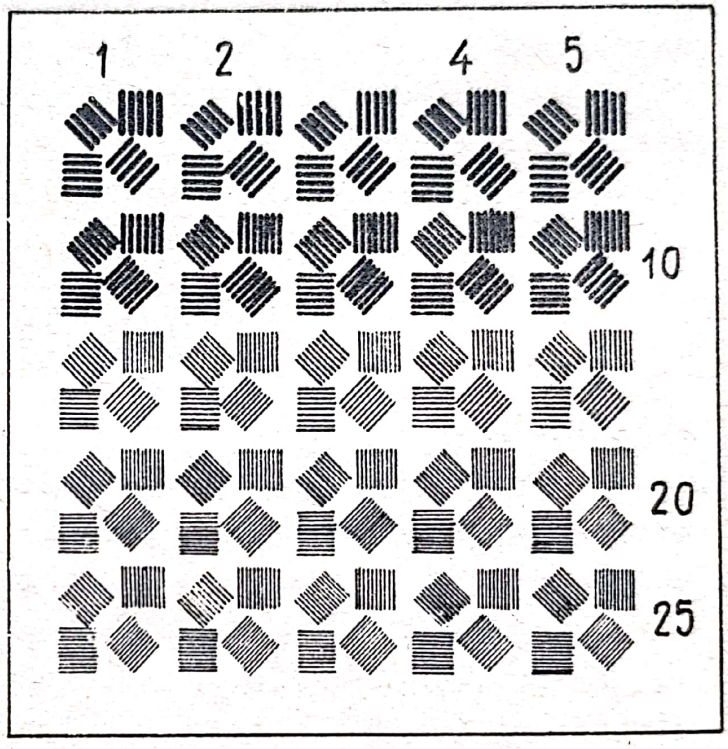



Fig.67. Schema unor mire pentru determinarea puterii de rezoluţie.

test de control denumit m i r ă. Schema unor mire pentru determinarea puterii de rezoluţie este reprezentată în figura 67.

Mira cuprinde mai multe grupuri de linii la care distanţa dintre ele se micşorează mergînd de la un capăt spre celălalt. Mira se fotografiază pe materialul fotografic la un raport de micşorare de 2 pînă la 10 ori. Pe negativul obţinut se determină la o lupă sau la microscop numărul maxim de linii pe un centimetru care se pot vedea în mod separat. Cunoscînd numărul de linii pe unitatea de lungime a imaginii şi raportul de micşorare a imaginii mirei prin fotografiere se poate determina capacitatea de rezoluţie.

În unele cazuri, pe mină este însemnat numărul de linii pe 1 mm pentru fiecare grup de linii. În astfel de cazuri,

prin cunoaşterea raportului de micşorare a imaginii mirei la fotografiere, din numărul indicat pe ultimul grup de linii care se văd distinct, se poate calcula puterea de rezoluţie.

Într-o serie de cazuri, pentru determinarea puterii de rezoluţie se folosesc aparate destinate acestui scop, denumite rezolvometre. Acestea funcţionează pe principiul descris. Cu ajutorul rezolvometrului se fotografiază mira pe stratul fotografic într-un raport dat. Rezolvograma se developează pînă la un $\gamma$ recomandat de standardul sensitometric pentru tipul respectiv de material fotografic, apoi acesta este privit cu ajutorul unui obiectiv microscopic pentru a desemna numărul maxim de linii ce se văd separat pe imagine. Capacitatea de rezoluţie a materialelor fotografice depinde de structura granulară a emulsiei. Un strat fotografic perfect omogen ca structură, fără granulaţie, ar putea să redea orice mic detaliu al imaginii. Un asemenea material ar avea o putere de rezoluţie infinită. Atît dimensiunea granulaţiei emulsiei cît şi structura granulară a imaginii developate se reflectă asupra valorii puterii de rezoluţie. Modul în care puterea de rezoluţie depinde de granulaţia iniţială a emulsiei poate fi înţeles foarte uşor din figura 68. Se imaginează proiectarea aceleiaşi imagini a unei mire cu un număr determinat de trăsături pe 1 cm pe suprafaţa a două pelicule de emulsie cu granulaţie diferită. Fiecare microcristal de emulsie care se găseşte în dreptul unei linii a mirei se va developa în întregime. Grăunţii care se găsesc în dreptul porţiunilor transparente nu vor fi impresionaţi. Ca rezultat, la emulsiile de granulaţie fină intervalul dintre linii care poate fi redat în mod distinct este mai mic decît la emulsia de granulaţie mare.

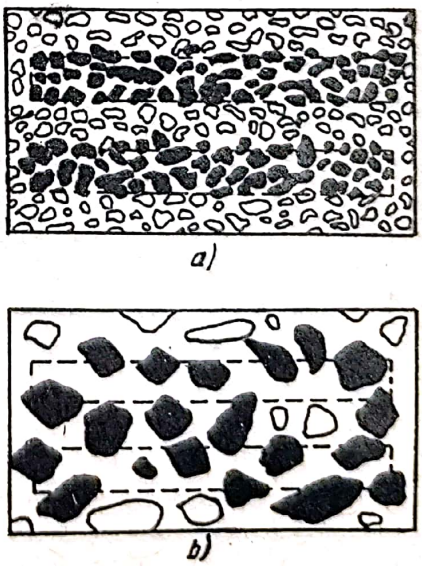



Fig.68. Dependenţa puterii de rezoluţie de granulaţia emulsiei fotografice.

La emulsiile de granulaţie mare, acelaşi interval este acoperit de cristalele care sînt cuprinse parţial în dreptul liniei, parţial în dreptul intervalului.

În consecinţă, emulsiile de granulaţie fină au o putere de rezoluţie mai ridicată.

Puterea de rezoluţie mai este influenţată însă şi de o serie de alţi factori. Difuzia luminii de către cristalele emulsiei ca şi de gelatină coboară puterea de rezoluţie.

Toţi factorii care duc la aglomerarea grăunţilor şi lipirea lor provoacă coborîrea puterii de rezoluţie.

Capacitatea de rezoluţie a unei imagini depinde şi de contrastul obiectului fotografiat, şi de condiţiile de de - velopare, în primul rînd de durata developării. Cu cît este mai mare contrastul obiectului fotografiat şi mai ridicat contrastul imaginii developate, cu atît pot fi puse în evidenţă un număr mai mare de detalii ale obiectului. Cu creşterea duratei de developare, capacitatea de rezoluţie creşte atingînd valoarea maximă pentru o anumită valoare a acesteia, apoi prelungind developarea începe să scadă. În figura 69 este reprezentată variaţia puterii de rezoluţie în funcţie de durata de developare pentru trei revelatori.

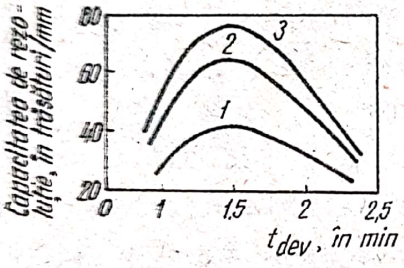



Fig.69. Variaţia puterii de rezoluţie cu durata developării.

S-a arătat că puterea de rezoluţie variază şi cu compoziţia revelatorului, deşi rezultatele nu sînt concordante în această privinţă. Ea variază, de asemenea, şi cu natura eventualelor tratamente după prelucrare: întărirea, slăbirea etc.

Puterea de rezoluţie este unul din parametrii standardizaţi ai materialelor fotografice. La materialele uzuale ea variază de la 30 la 200 de trăsături pe 1 mm. Materialele fo-

tografice folosite în cinematografie au o putere de rezoluţie medie, pentru majoritatea materialelor cinematografice, puterea de rezoluţie variind între 7o şi loo de trăsături pe 1 mm.

3. Claritatea imaginii fotografice

Materialele fotografice, în funcţie de natura lor, permit a se obţine prin fotografiere imagini mai clare, mai bine puse la punct sau mai puţin clare. Pentru ca o imagine să fie clară, trebuie ca liniile de separaţie să fie bine conturate.

Dacă pe un material fotografic acoperit cu un strat subţire semitransparent se fotografiază un obiect oarecare, după developare se constată că imaginea nu este clară, liniile de separaţie nu sînt bine reliefate. Acelaşi lucru se întîmplă cînd se fotografiază pe un material expunînd emulsia cu faţa dinspre suport. Aceasta se datoreşte efectului de reflexie şi refracţie a luminii în stratul semitransparent care a acoperit pelicula de emulsie la expunere. Razele de lumină reflectate şi refractate acţionează pe pelicula fotosensibilă în regiuni vecine acelora în care acţionează razele de lumină pornite direct de la obiect.

Efecte puternice de difuzie apar în emulsiile de granulaţie mare, de asemenea în emulsiile expuse prin intermediul filtrelor şi al clinurilor optice.

Acest efect care se datoreşte acţiunii luminii difuzate a primit denumirea de n e c l a r i t a t e sau t u r b i d i t a t e a i m a g i n i i.

Întrucît imaginilor fotografice folosite în cinematografie li se cere o claritate foarte bună, este necesar ca în operaţiile de fotografiere să se elimine toţi factorii care ar putea să coboare claritatea imaginilor, respectiv toate cauzele care ar putea să producă difuzarea razelor de lumină interceptate de obiect. Printre acestea pot fi, în afară

de cauzele menţionate, şi particule de praf sau picături de apă depuse pe diferite locuri în traseul razelor de lumină.

Claritatea unei imagini depinde în mare măsură şi de valoarea expunerii. Dacă o emulsie fotografică se expune prin intermediul unei diafragme, se observă că, cu cît timpul de expunere este mai mare, cu atît conturul imaginii devine mai confuz, iar imaginea se lăţeşte (fig.7o).

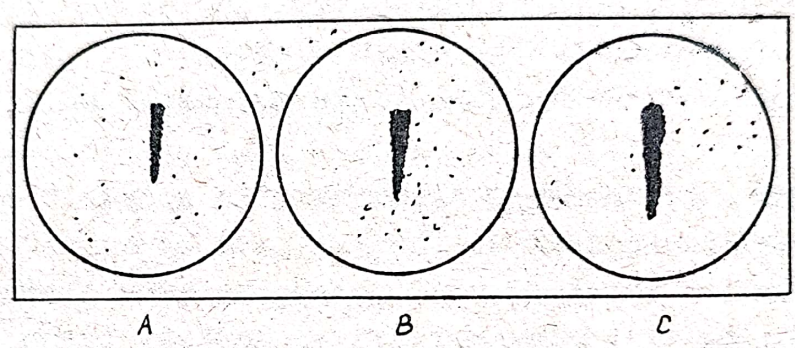



Fig.7o. Influenţa expunerii asupra turbidităţii imaginii.

Acest efect se datoreşte acţiunii de difuzie a luminii de către fantă şi se numeşte t u r b i d i t a t e sau n e c l a r i t a t e. Turbiditatea exprimă de fapt lăţirea imaginii prin creşterea expunerii. Ea se măsoară prin coeficientul de neclaritate al imaginii, care exprimă de fapt lăţirea imaginii $\triangle x$, prin creşterea expunerii $\triangle H$:

$$K = \frac{\triangle x}{\triangle H} .$$

Pe lîngă turbiditate s-a mai definit o mărime denumită c l a r i t a t e, care se exprimă prin variaţia maximă a densităţii pe unitatea de lungime a imaginii. Claritatea creşte cu creşterea densităţii şi este cu atît mai ridicată cu cît variaţia densităţii, $\triangle D$, pe un element liniar de imagine $\triangle X$, este mai netă. Coeficientul de claritate sau acutanţă se exprimă prin relaţia:

$$K = \frac{\Delta D}{\Delta X} .$$

Întrucît depinde de densitate, claritatea va depinde de parametrii care influenţează mărimea densităţii, adică de metoda de prelucrare şi de structura imaginii developate, respectiv de granulaţia ei. Claritatea va fi cu atît mai bună, cu cît granulaţia imaginii este mai mică.

Se cunosc o serie de metode experimentale pentru determinarea coeficientului de turbiditate şi a coeficientului de claritate al imaginilor developate. Aceste metode se bazează în general pe măsurători microfotometrice efectuate pe teste de control similare mirelor folosite pentru determinarea puterii de rezoluţie.

## B. Defecte posibile ale imaginii developate

### 1. Formarea de aureole

La fotografierea obiectelor foarte luminoase pe un fond întunecat se observă adeseori formarea de aureole. Pe fotografie, limita imaginii albe a obiectului devine tulbure şi imaginea pe negativ se întinde pe o suprafaţă mai mare decît cea care ar corespunde porţiunii luminoase a obiectului. Formarea de aureole se observă, de exemplu, la fotografierea obiectelor foarte luminoase, a surselor de lumină (soare, becuri electrice, obiecte strălucitoare). Formarea de aureole este o consecinţă a fenomenelor de reflexie şi difuzie a luminii în stratul fotografic.

După caracterul şi originea lor se disting două feluri de aureole: de difuzie şi de reflexie. Aureola de difuzie se formează ca urmare a difuziei luminii în strat. Explicarea formării acestor aureole rezultă din figura 71. Formarea aureolelor de difuzie duce la lăţirea imaginii.

Aureolele de reflexie se formează ca urmare a faptului că lumina trecînd prin emulsie se reflectă de ambele feţe ale suportului. Razele reflectate, întorcîndu-se în stratul sen-

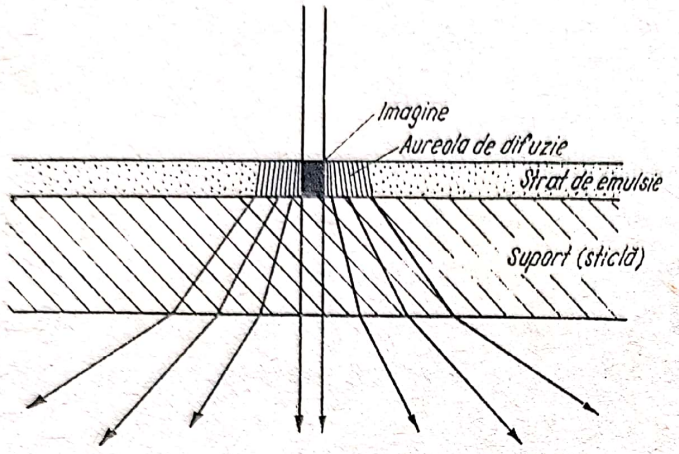



Fig.71. Formarea aureolelor de difuzie.

sibil, dau o înnegrire suplimentară la o anumită distanţă de imaginea de bază. Formarea acestor aureole rezultă din figura 72.

Aureolele de reflexie se formează cel mai uşor pe plăcile fotografice datorită grosimii relativ mari a suportului şi transparenţei acestuia şi în mai mică măsură la pelicule.Pen-

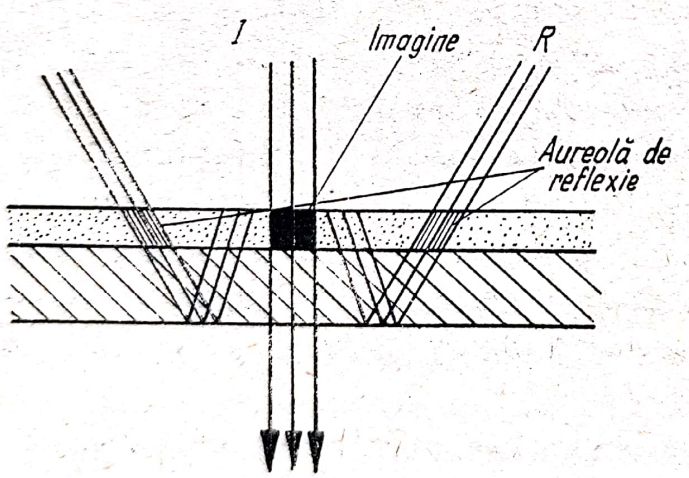



Fig.72. Formarea aureolelor de reflexie.

tru a se evita formarea de aureole de reflexie, pe partea interioară sau dorsală a suportului materialelor transparente se află un strat colorat, denumit antihalo. Acesta absoarbe lumina care trece prin stratul fotografic şi prin suport.Culoa-

rea straturilor antihalo depinde de felul sensibilizării cromatice a emulsiei. Ele constau în straturi de gelatină sau alţi lianţi în care se introduce un colorant: roşu pentru emulsiile ortocromatice, verde, brun sau cenuşiu pentru emulsiile pancromatice, galben pentru emulsiile nesensibilizate. Uneori se colorează suportul în masa sa.

## 2. Efecte marginale şi efecte de dirijare

La limita a două regiuni ale imaginii care diferă puternic ca expunere se formează uneori aşa-zisele efecte marginale. Acestea constau în faptul că densitatea imaginii la limita de separaţie între cele două regiuni se repartizează neuniform şi nu corespunde intensităţii de expunere a lor. După cauzele care le provoacă se deosebesc două categorii de efecte marginale:

- provocate de difuzia luminii în timpul expunerii la limita de separaţie între regiunile puternic şi slab iluminate;
- datorită unei developări anormale, neregulate la graniţa acestor regiuni.

Primul efect duce la apariţia de aureole de difuzie şi micşorarea capacităţii de rezoluţie a imaginii. A doua categorie de efecte marginale duce la distorsionarea imaginii.

Efectele marginale de developare sînt datorate fenomenelor de difuzie anormală ale componentelor revelatorului şi ale produşilor de oxidare ai acestuia în stratul fotografic. Dacă se iau două cîmpuri alăturate a căror expunere diferă puternic la limita de separaţie a acestora, în cîmpul de densitate mare se observă o înnegrire mai mare decît ar trebui să fie şi, dimpotrivă mai mică, în cîmpul de densitate mai mică (fig.73). Acest efect a primit denumirea de efect Eberhard, efect de margine sau efect de bordură. Apariţia lui este condiţionată de existenţa unor factori care modifică regularitatea procesului de developare, şi anume difuzia neregulată a revelatorului şi a produşilor săi de oxidare.

Efectele marginale au o importanţă mare pentru fotografierea obiectelor cu detalii mici ce diferă puternic ca luminozitate de fondul înconjurător. Acestea apar, de exemplu ,

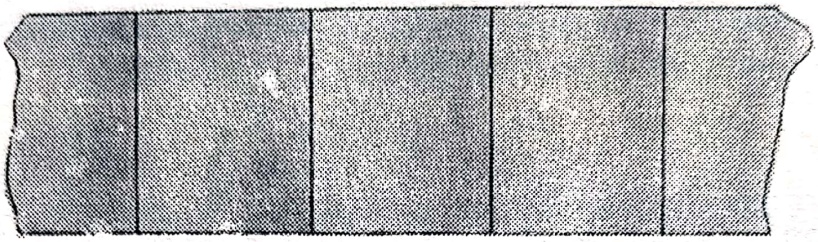


Fig.73. Efecte marginale ale imaginilor developate.

la fotografierea stelelor, a liniilor spectrale, la înregistrarea sunetului.

S-a observat că apariţia efectelor marginale depinde într-o mare măsură de gradul de agitare al revelatorului în procesul de developare. Cu cît este mai bună agitarea, cu atît apar mai puţin efectele. Experienţa a arătat că aceste efecte se observă mai puţin la emulsiile de granulaţie mică de-

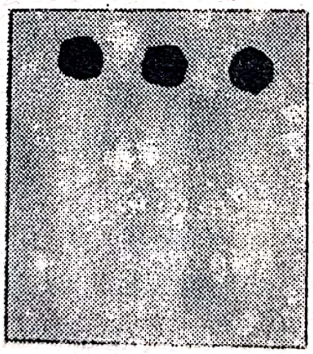


Fig.74. Efectul de direcţie.

cît la emulsiile de granulaţie mare. Cu creşterea duratei de developare efectul creşte, atinge o valoare maximală şi apoi dispare complet la $\gamma_{max}$. Efectul prezentat depinde de natura muchiilor obiectului fotografiat. La muchii mai rotunde, efectul nu apare.

În anumite cazuri, asemănător efectelor marginale se observă efectul de direcţie reprezentat în figura 74. Acesta se caracterizează prin obţinerea unei dungi de densitate mai mică în raport cu fondul imaginii la fotografierea punctelor care au o densitate mai mare.

## Capitolul VIII

# BAZELE FIZICO-CHIMICE ALE FOTOGRAFIERII ÎN CULORI

## A. Principiul producerii culorilor

### 1. Principiul vizionării culorilor

Metodele folosite în tehnică pentru reproducerea culorilor prin fotografiere se bazează pe particularităţile organului vizual de a percepe culorile.

Conform unor observaţii mai vechi, retina ochiului posedă trei categorii de elemente nervoase capabile de a selecţiona trei grupe de radiaţii diferit colorate.

Celulele nervoase ale ochiului sînt de două categorii. Unele, denumite bastonaşe, sînt foarte sensibile la lumină, dar nu sînt capabile să diferenţieze culorile. Celelalte, denumite conuri, sînt mai puţin sensibile la lumină, însă datorită lor se pot diferenţia culorile. Conurile, la rîndul lor, sînt de trei categorii: unele au sensibilitate maximă pentru radiaţiile albastru, violet, altele pentru verde, celelalte sînt sensibile la radiaţiile roşii.

Combinarea senzaţiilor produse de cele trei categorii de elemente sensibile permite sa se aprecieze culorile complexe şi să se explice faptul că cu trei culori fundamentale se compune majoritatea coloraţiilor existente.

2. Caracteristicile culorii

Din punctul de vedere al percepерii de către organul vizual, culoarea poate fi definită ca rezultatul acţiunii unei radiaţii sau a unui ansamblu de radiaţii cu o anumită lungime de undă asupra unei anumite categorii de elemente nervoase ale ochiului.

Culoarea este caracterizată prin trei proprietăţi fundamentale: ton, intensitate şi saturaţie.

Tonul este caracteristica senzaţiei vizuale de a percepe o radiaţie sau un ansamblu de radiaţii de lungimi de undă determinate. În limitele spectrului vizibil, ochiul poate diferenţia acţiunea specifică a radiaţiilor cu diferite lungimi de undă cu o acuitate diferită.

În interiorul spectrului vizibil, între 430 şi 640 $m\mu$, chiar mici diferenţe de lungimi de undă provoacă variaţii sensibile ale senzaţiei de culoare. Dimpotrivă, radiaţiile din regiunile extreme, violet şi roşu, sînt considerate regiuni unitonale ale spectrului.

Diferitele culori ale radiaţiilor monocromatice se situează în spectrul vizibil după cum urmează, trecerea de la o culoare la alta fiind treptată:

| | $\lambda$, în $m\mu$ |
|---|---|
| violet | 395-435 |
| albastru | 435-495 |
| verde | 495-545 |
| galben | 545-595 |
| portocaliu | 595-625 |
| roşu | 625-740 |

Intensitate. Fiecare radiaţie elementară posedă o intensitate sau strălucire proprie. Pentru ca intensitatea unei culori complexe să crească sau să scadă fără o variaţie de tonalitate, este necesar ca toate intensităţile culorilor elementare să varieze în acelaşi mod.

Saturaţia reprezintă o caracteristică a culorii care indică în ce măsură o culoare simplă sau complexă este amestecată cu lumina albă. Cînd culoarea nu conţine lumină albă, ea este pură sau saturată. Culorile reale ale obiectelor sînt însă amestecate într-o măsură mai mică sau mai mare cu alb.

## 3. Amestecurile de culori

Două culori a căror suprapunere provoacă senzaţia de alb se numesc culori complimentare. Astfel, portocaliul cu $\lambda$ = 610 m$\mu$ este complimentar albastrului cu $\lambda$ = 490 m$\mu$, în timp ce galben-verdele cu $\lambda$ = 572 m$\mu$ este complimentar cu albastru-violetul de 460 m$\mu$.

În cazul culorilor complexe există următoarele perechi de culori complimentare care joacă un rol important în tehnica de reproducere a culorilor:

- albastru-violet şi galben;
- verde şi roşu-violet (denumit şi magenta sau purpuriu);
- roşu şi albastru-verde sau albastru azuriu (denumit şi cian).

Cantităţile a două radiaţii complimentare necesare pentru a produce senzaţia de alb nu sînt egale. În cazul culorilor complexe apare în practică cel mai adesea o culoare dominantă care dă tonul aparent ce rezultă din caracteristicile componentelor amestecate în diferite proporţii. Astfel, culoarea compusă dintr-un ansamblu de radiaţii verde şi roşu apare galbenă, culoarea compusă din albastru şi verde dă senzaţia de albastru-verde.

## 4. Selecţia culorilor

Cînd se examinează spectrul vizibil, se constată că cele două părţi extreme ale sale, violetul (400-415 m$\mu$) şi roşul (685-700 m$\mu$), sînt foarte puţin vizibile şi intervin pu-

ţin în senzaţia de culoare. În restul spectrului, 415-685 mμ, prin selecţionarea culorilor fundamentale de către ochi se obţine un spectru divizat în trei părţi inegale: albastru-violet 415-490 mμ, verde 500-570 mμ şi roşu 600-685 mμ.

Aceste trei regiuni ale spectrului, albastru-violet, verde şi roşu, joacă un rol important în practica selecţiei culorilor, bazată pe principiul tricromiei.

## 5. Principiul tricromiei

Acest principiu se bazează pe ideea că orice culoare poate fi realizată prin combinarea a trei culori date, denumite primare. Principiul tricromiei are la bază teoriile actuale asupra vizionării culorilor de către organul vizual.

Principiul tricromiei stă la baza a numeroase sisteme practice de reproducere a culorilor. Reproducerea tricromă a culorilor este o reproducere imitativă. Pe această cale se redă, se imită o culoare complexă, prin amestecarea mai multor culori primare. Redarea fidelă a culorilor originalului depinde în mare măsură de proporţia în care se amestecă culorile primare.

De multe ori, reproducerea tricromă nu este satisfăcătoare şi este necesar să se introducă o a patra componentă, care este de obicei negrul.

## 6. Metode de sinteză a culorilor

Pornind de la proprietăţile ochiului de a percepe şi sintetiza culorile, prin amestecarea culorilor de bază, albastru, violet, verde şi roşu se poate obţine orice culoare a spectrului. Aceasta reprezintă premisa de bază a principiului denumit al tricromiei de sinteză a culorilor.

Scanned with OKEN Scanner

Sinteza culorilor complexe poate fi: aditivă şi substractivă.

Prin sinteză aditivă se înţelege formarea de culori complexe prin amestecarea radiaţiilor monocromatice. De exemplu, dacă se proiectează simultan pe un ecran mai multe fascicule de radiaţii monocromatice sau dacă se privesc de la distanţă mai multe obiecte de dimensiuni mici, de culori diferite, a căror imagine se confundă, se sintetizează o culoare complexă (fig.75), sinteza aceasta fiind realizată de ochi.

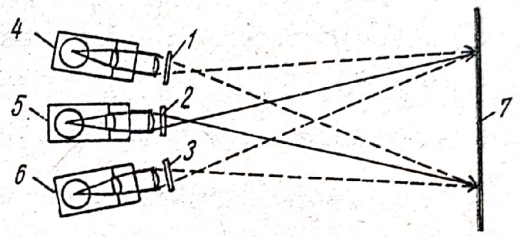



Fig.75. Schema sintezei aditive a culorilor complexe:
1- filtru albastru; 2-filtru verde; 3- filtru roşu; 4, 5 şi 6- sursă de lumină; 7- ecran de proiecţie.

Sinteza culorilor este substractivă cînd aceasta se formează prin absorbţia anumitor radiaţii de lumină albă. În tricromie, culorile substractive primare sînt: albastru-verde sau azuriu (cian); roşu-purpuriu (magneta); galben. Acestea corespund culorilor principale de selecţie: roşu, verde, albastru-violet.

Substracţia luminii se realizează prin amestecarea de coloranţi sau pigmenţi. Culorile pigmenţilor substractivi principali sînt complimentare culorilor de selecţie. Trebuie remarcat că culorile substractive principale au spectre de transmisie de două ori mai întinse decît culorile de selecţie.

Prin amestecarea a două culori de selecţie se obţine o culoare complexă. Cînd se amestecă toate cele trei culori de selecţie se obţine negru sau cenuşiu. Cînd cele trei culori de substracţie lipsesc complet, lumina spectrului este total transmisă sau reflectată şi obiectul apare alb.

Principiul substracţiei culorilor din lumină albă prin suprapunerea mai multor straturi de pigmenţi este dat în figura 76. Din această figură rezultă că, atunci cînd lumina

albă traversează trei straturi de pigmenţi , albastru-verde, galben, purpuriu, se obţine negru, lumina fiind absorbită complet. Cînd un fascicul de lumină albă traversează două stra-

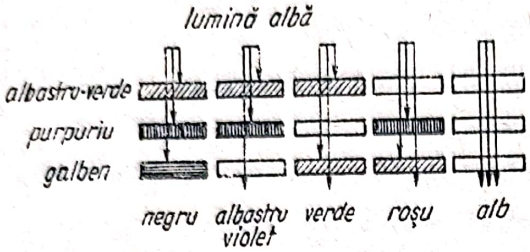



Fig.76. Schema sintezei substractive a culorilor complexe.

turi de pigmenţi, unul albastru-verde şi celălalt purpuriu,rezultă albastru-violet.La trecerea luminii prin două straturi de pigmenţi, unul albastru-verde şi celălalt galben, se obţine verde. Printr-o suprapunere de roşu-purpuriu şi galben se obţine roşu. În absenţa tuturor celor trei pigmenţi se obţine alb.

Sinteza substractivă se aplică tuturor materialelor în culori: cerneluri, picturi, imagini colorate pe acelaşi suport. Sinteza substractivă a culorilor prezintă un interes deosebit pentru fotografierea în culori şi a căpătat o largă răspîndire.

## 7. Filtre de selecţie monocromă

Filtrele de lumină sînt dispozitive optice cu ajutorul cărora se poate separa dintr-un fascicul complex de radiaţii emise de o sursă de lumină o radiaţie monocromatică sau un ansamblu de radiaţii în limite de lungimi de undă bine definite. Filtrele de lumină sînt de mai multe categorii:

- filtre compensatoare cu ajutorul cărora se corectează emisia unei surse de lumină pentru a o aduce la compoziţia spectrală cerută;
- filtre interferenţiale folosite pentru a separa fascicule de radiaţii monocromatice între limite foarte înguste de lungimi de undă;
- filtre de selecţie, destinate pentru a separa radiaţii relativ monocromatice între limite de lungimi de undă bine definite.

Pentru selecţia de culori în tricromie se folosesc filtre colorate de gelatină sau de sticlă coloratăi roşu, albastru-violet, verde. Filtrele de gelatină se obţin uşor, adăugînd la o soluţie de gelatină relativ concentrată un anumit colorant, după caz. Filtrele pentru selecţie din sticlă sînt mai dificil de obţinut decît filtrele de gelatină colorată.

Filtrele de selecţie au o importanţă deosebită în poligrafie pentru reproducerea originalelor policrome. Ele reprezintă un auxiliar preţios în executarea negativelor de selecţie monocromă cu ajutorul cărora se extrag prin fotografiere de pe originalele policrome principalele culori de selecţie.

Filtrele pentru selecţia de culoare folosite în poligrafie se livrează sub formă de seturi de cîte trei filtre (roşu, albastru-violet şi verde). Cele mai folosite sînt filtrele de gelatină. Filtrele pentru selecţia de culoare se livrează de către fabricile producătoare de materiale fotografice, ca, de exemplu: Agfa-Gevaert, Kodak.

În practica selecţiei de culoare este indicat să se folosească, o dată cu materialul fototehnic indicat pentru selecţie, şi filtrele corespunzătoare. De exemplu, la utilizarea filmelor pancromatice Agfa-Gevaert pentru selecţia de culoare este recomandabil să se folosească filtre de selecţie Agfa-Gevaert.

Fiecare filtru de selecţie este caracterizat prin curba sa de transmisie spectrală. Prin trecerea luminii albe printr-un set de filtre de selecţie corespunzătoare, spectrul este împărţit în trei regiuni aproximativ egale, care interferează foarte puţin sau aproape de loc.

Un filtru de selecţie corespunzător trebuie să transmită aproape 100 % radiaţiile pentru care se face selecţia şi să absoarbă complet radiaţiile complimentare. Astfel, un filtru albastru-violet trebuie să transmită în proporţie de aproape 100% radiaţiile albastre şi violet şi să absoarbă complet celelalte radiaţii.

Curbele de transmisie spectrală ale unui set de filtre de selecţie sînt reprezentate în figura 77.

Curbele reproduse în figura 77,a corespund seriei de lucru. În figura 77,b sînt date curbele teoretice ale unor filtre de selecţie. Din figură rezultă că cele trei curbe de selecţie reală interferează în regiunile de adiacenţă. În afară de aceste seturi de filtre zise de lucru, mai există seturi de

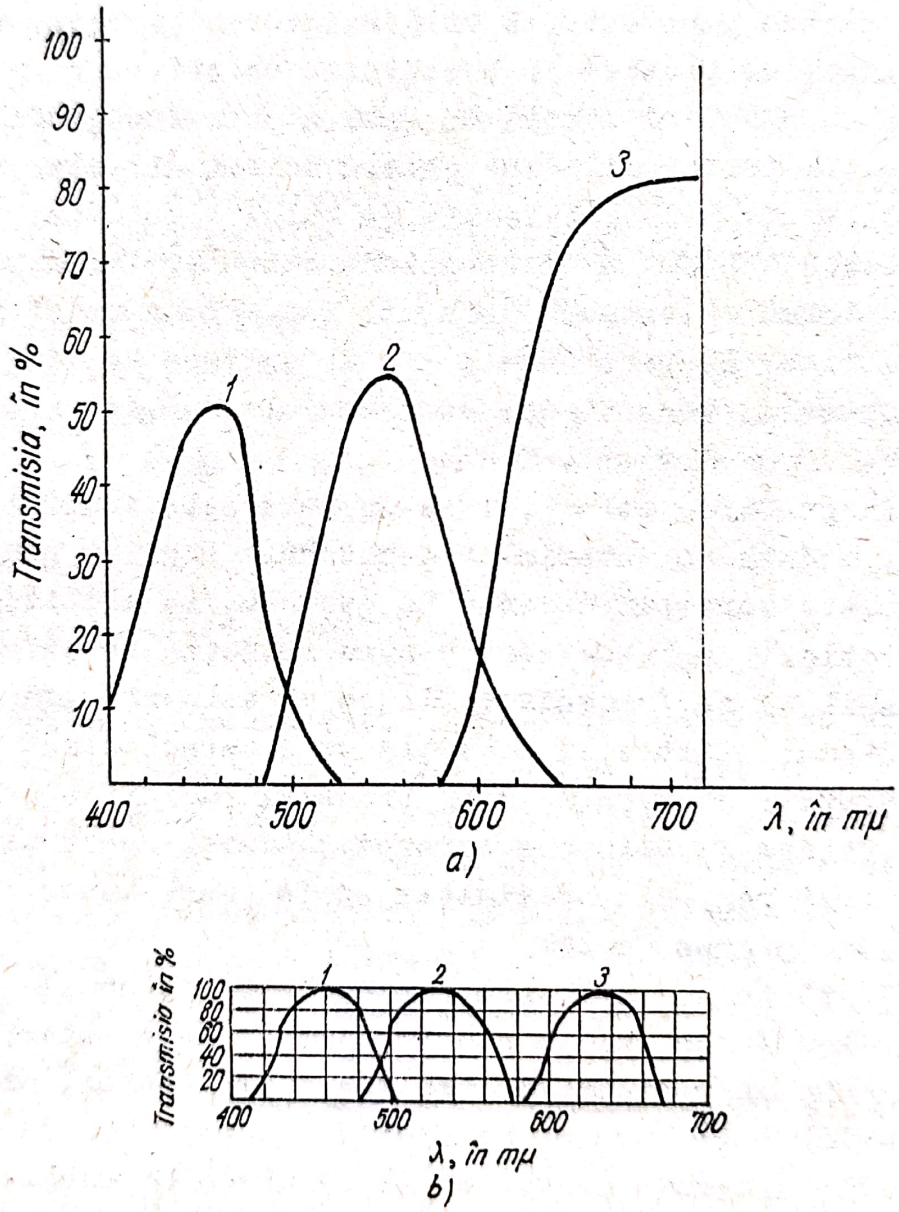



Fig.77. Curbele de transmisie spectrală a unor filtre de selecţie: a- curbe reale; b- curbe teoretice; 1- filtru albastru; 2- filtru verde; 3- filtru roşu.

filtre din seria strictă, pentru care curbele de transmisie nu interferează. Transmisia acestora este mai selectivă decît în primul caz. Dezavantajul lor constă în faptul că rămîn anumite regiuni ale spectrului, la limita de separaţie dintre două curbe, care nu pot fi selecţionate.

Filtrul albastru-violet se foloseşte pentru extragerea culorii de galben, filtrul verde pentru extragerea culorii de roşu-purpuriu, filtrul roşu pentru extragerea culorii albas - tru-verde.

Un strat fotografic sensibil în toată gama spectrului vizibil expus la lumină albă prin intermediul fiecăreia din cele trei filtre de selecţie: albastru, verde, roşu, dă prin developare trei depozite de argint identice ca densitate. De asemenea, treptele sensitometrice obţinute cu expuneri crescătoare prin cele trei filtre trebuie să se suprapună exact,pentru a forma o scală de cenuşiu.

## 8. Obţinerea imaginilor fotografice în culori

Procedeele de fotoreproducere a imaginilor în culori sînt de două categorii: unele care se bazează pe sinteza aditivă, iar altele pe sinteza substractivă a culorilor.Primele, procedeele aditive, sînt cele mai vechi în ordinea cronologică. În tehnica modernă ele au fost aproape complet abandonate.

Procedeele substractive prezintă importanţa cea mai mare pentru tehnica modernă de fotoreproducere a culorilor.

a. <u>Procedee aditive de fotoreproducere.</u> S-a arătat că o sinteză aditivă în fotoreproducerea culorilor se poate realiza proiectînd pe un ecran diferite pozitive de selecţie prin intermediul unui filtru colorat corespunzător. Acest principiu se aplică prin intermediul anumitor artificii de tehnică, în diferitele procedee de fotoreproducere a culorilor prin sinteză aditivă.

Din categoria proceselor aditive care au atras atenţia o anumită perioadă de timp face parte şi procedeul cu film

gofrat (fig.78,a,b). În acest caz, pe faţa sa dorsală, suportul prezintă o mulţime de formaţiuni hexagonale, sub formă de fagure, care în procesul de fotografiere joacă rolul unor lentile. Focarele acestor lentile sînt situate pe partea dinspre gelatină, iar stratul sensibil folosit este o emulsie pancromatică. Filmul fotografic se aşază în camera aparatului fotografic, cu gofrajul spre obiectiv. Acesta are un filtru selector fix, împărţit în trei regiuni transversale, colorate respectiv în albastru, verde şi roşu. Radiaţiile fiecărei culori a obiectului, după ce trec prin filtru, întîlnesc lentilele elementare ale suportului sub unghiuri diferite, producîndu-se trei feluri de imagini. Filmul este developat, apoi inversat. La proiectare, radiaţiile străbat acelaşi drum în sens contrar. Elementele de gofraj au aproximativ 35 $\mu$, adică 30 de trăsături pe 1 mm. La proiectare, aceste filme necesită o iluminare puternică, ceea ce constituie un mare dezavantaj. Întrucît gofrarea nu poate fi riguros exactă, lentilele elementare prezintă aberaţii cromatice care diminuează claritatea imaginilor. De asemenea la scoaterea copiilor pozitive există o serie de dificultăţi. Filmul gofrat de 16 mm a fost folosit în procedeele mai vechi de fotoreproducere în culori, Agfacolor şi Kodacolor.

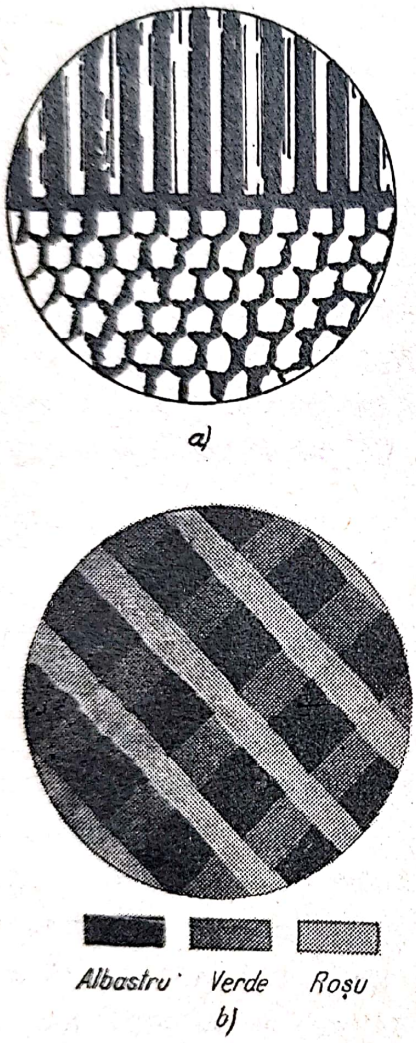



Fig.78. Reţeaua Dufaycolor şi filmul cu suport gofrat.

Procedeul cu mozaicuri colorate este o altă metodă mai veche de a obţine imagini în culori. Conform acestui procedeu,

un suport de placă sau de film fotografic se acoperă cu o reţea de mozaicuri colorate de elemente microscopice.Acestea sînt colorate în albastru, verde sau roşu. Reţeaua se acoperă mai întîi cu un strat protector şi apoi cu o emulsie pancromatică. Placa sau filmul se expun cu partea dorsală spre reţea. Primind radiaţiile prin intermediul acesteia, ele vor fi selecţionate după culorile de bază. Radiaţiile roşii sînt absorbite de elementele albastre şi verzi şi sînt transmise de elementele roşii. Numai aceste radiaţii vor impresiona emulsia în locurile unde există elemente roşii de reţea. Deci, placa impresionată se va înnegri după developare, în locul unde au acţionat aceste radiaţii, iar pozitivul în această regiune va apărea transparent. În cazul în care şi filmul pozitiv este depus pe asemenea mozaicuri colorate, imaginea prin transparenţă va apărea roşie în dreptul mozaicurilor roşii ale suportului. În mod similar se poate explica apariţia pe pozitiv şi a altor culori elementare. Cînd placa este transparentă pentru două sau trei elemente adiacente ale suportului, prin adiţia culorilor respective se formează o culoare compusă. Reţeaua poate fi un mozaic neregulat, sau poate avea o structură geometrică regulată. Această variantă din urmă dă imagini cu o capacitate de rezoluţie bună.

Materialele fotografice pe suport de mozaicuri colorate s-au folosit mult în trecut pentru fotografierea în culori în procedeele Alticolor şi Dufaycolor. Filmul Dufaycolor folosea o reţea geometrică cu linii alternate roşii, albastre şi verzi, care formau pătrate elementare. O asemenea reţea este prezentată în figura 78,b. Reţeaua se acoperă cu o emulsie pancromatică. Lăţimea unei linii a reţelei este de o,o25 mm. Reţeaua era suficient de transparentă, astfel încît se putea folosi un timp de expunere rezonabil,de 1/1oo s.

b. <u>Obţinerea de imagini fotografice în culori prin procedee substractive</u>. Metodele actuale de fotoreproducere a culorilor se bazează pe procedee substractive care permit obţinerea de imagini colorate fără nici un fel de artificiu.Aces-

te procese sînt însă foarte delicate şi necesită un control riguros al tuturor parametrilor şi fazelor de lucru în timpul elaborării.

Realizarea unei fotografii în culorile naturale ale obiectului comportă două etape:

- efectuarea unui negativ de selecţie pe acelaşi suport sau pe suporturi diferite;

- obţinerea unui pozitiv de pe negativul respectiv a cărui imagine de selecţie este colorată, pentru a da imaginea definitivă în culorile naturale ale obiectului.

Cînd negativele de selecţie sînt pe suporturi diferite, ele sînt developate în alb-negru, după metoda obişnuită.

Dacă straturile de selecţie ale unui negativ se găsesc suprapuse pe acelaşi suport, ele se developează simultan în culori, mai rar în imagine alb-negru.

În unele cazuri, imaginile negative de selecţie pe acelaşi suport sînt inversate, pentru a obţine un pozitiv în culori. Procedeul de a obţine imagini pozitive în culori prin inversarea unei imagini negative dă rezultate mai bune decît procedeul de copiere. Acesta din urmă poate duce la alterări ale imaginii.

Cele mai bune rezultate în reproducerea de imagini în culori se obţin folosind negative de selecţie pe suporturi diferite developate în alb-negru. În acest caz, controlul şi corectarea imaginilor negative de selecţie se poate efectua în condiţii mai bune.

Cu toate acestea, metoda cea mai utilizată actualmente pentru obţinerea negativelor de culoare este aceea care foloseşte mai multe straturi de emulsie suprapuse pe acelaşi suport, developate simultan cu un revelator cromogen. Acest procedeu este mai rapid şi mai comod, deşi dă uneori rezultate puţin satisfăcătoare.

Scanned with OKEN Scanner

## 9. Executarea negativelor de selecţie de pe originale policrome

Metoda negativelor de selecţie se aplică în mod curent în poligrafie, în procesul de reproducere a originalelor policrome şi într-o formă modificată şi în cinematografie, mai ales în procedee mai vechi.

Executarea negativelor de selecţie, în primul caz, stă la baza confecţionării formelor de tipar folosite pentru imprimare. Procedeul constă în a executa la formatul dorit, cu ajutorul unui aparat fotografic ce conţine filtrul de selecţie corespunzător, trei clişee succesive pentru culorile de bază de selecţie.

Pe negativul fotografiat cu filtrul albastru-violet se extrage culoarea galben, adică negativul este transparent pentru acele regiuni ale originalului colorat în galben; cu ajutorul negativului fotografiat cu filtrul verde se extrage culoarea roşu, purpuriu (negativul este transparent pentru acele regiuni ale originalului colorat în roşu); pe negativul fotografiat cu filtrul roşu se extrage culoarea albastru-verde.

Regiunile de transparenţă ale negativului reprezintă regiuni cu densitate maximă de cerneală la reproducerea după forma de tipar, iar prezenţa a diferite semitonuri pe negativul de selecţie corespunde unor densităţi mai mari sau mai mici de cerneală pe forma de tipar, în funcţie de densitatea culorii respective pe original.

Durata de expunere pentru fiecare negativ de selecţie trebuie să fie astfel aleasă încît albul şi negrul să aibă densităţi aproximativ egale pe cele trei negative.

Cele trei negative de selecţie se developează pînă la acelaşi contrast, după care se utilizează pentru confecţionarea formelor de tipar. Pentru fiecare culoare din cele trei enumerate se confecţionează cîte o formă de tipar. Pe lîngă acestea trei, în practică se mai confecţionează încă o a patra, pentru culoarea negru.

Scanned with OKEN Scanner

Procedeul descris pentru executarea negativelor de selecţie nu se poate aplica decît pentru obiectele fixe, adică este specific reproducerii în poligrafie. Pentru obiectele în mişcare, cazul filmării, obţinerea de imagini în culori prin metoda negativelor de selecţie necesită utilizarea unor metode mai complexe care să permită realizarea simultană a celor trei negative de selecţie. Aceasta se obţine fie prin folosirea de sisteme optice speciale, fie utilizînd trei straturi de emulsie suprapuse pe acelaşi suport. Acestea se detaşează apoi după fotografiere în vederea prelucrării. Această tehnică interesează în special industria cinematografică.

## B. Obţinerea imaginilor colorate pe materiale cu straturi suprapuse de emulsii

### 1. Structura unui material fotografic cu straturi suprapuse de emulsii

Un strat fotografic destinat pentru obţinerea directă a unor imagini în culori este format din trei straturi de emul-

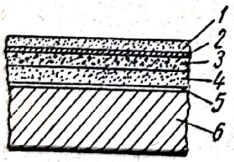



Fig.79. Structura unui strat fotografic pentru reproducerea de imagini în culori: 1- stratul de albastru(imagine galbenă); 2- filtru galben de gelatină; 3- stratul de verde (imagine roşu-purpuriu); 4- stratul de roşu (imagine albastru-verde); 5- substrat al suportului; 6- suport.

sie suprapuse, separate între ele, după caz, prin cîte un filtru subţire de gelatină colorată. Constituţia unui asemenea strat este reprezentată în figura 79.

Mergînd de la suport spre suprafaţă, cele trei emulsii sînt:

- o emulsie pancromatică pentru imaginea de roşu (impresionată de radiaţiile roşii), care redă culoarea albastru-verde;

- o emulsie ortocromatică pentru imaginea de vedre (impresionată de radiaţiile verzi), care redă culoarea magenta;

- o emulsie nesensibilizată cromatic pentru albastru (impresionată de radiaţiile albastre), care redă culoarea galben.

Cele trei emulsii au sensibilităţi generale diferite. Cea mai sensibilă este emulsia de roşu, întrucît aceasta interceptează o cantitate mai mică de radiaţii din fasciculul incident, datorită absorbţiei unei mari părţi din aceasta în straturile anterioare. Cea mai puţin sensibilă este emulsia de albastru care interceptează întregul fascicul.

Emulsia superficială nesensibilizată cromatic înregistrează numai radiaţiile albastre care se absorb aproape integral. Radiaţiile verzi şi roşii trec în stratul următor ortocromatic, care este sensibil la radiaţiile verzi, fiind impresionat de acestea. Radiaţiile roşii neabsorbite în straturile anterioare pătrund în stratul al treilea, constituit dintr-o emulsie pancromatică, formînd aici imaginea de roşu.

Înainte de emulsia de verde şi uneori şi de emulsia de roşu se introduce cîte un strat filtrant de gelatină colorată, pentru a reţine radiaţiile albastre şi respectiv verzi care n-au fost absorbite complet în stratul corespunzător.

Grosimea straturilor de emulsie ca şi a straturilor filtrante trebuie să fie foarte echilibrată. Grosimea unui strat de emulsie este de aproximativ 6 $\mu$ , a stratului filtrant galben $\mu$ de 1-2 $\mu$, iar a stratului roşu filtrant, cînd există, de 0,5-1 $\mu$ .

Cele trei emulsii au maximele de sensibilitate spectrală situate, respectiv, la 450 m$\mu$ pentru emulsia de albastru, 555-530 m$\mu$ pentru emulsia de verde, 655-630 m$\mu$ pentru emulsia de roşu.

Absorbţia spectrală a coloranţilor formaţi este următoarea:

galben - 440 m$\mu$ ;
magenta- 540 m$\mu$ ;
cian - 660 m$\mu$ .

Întrucît stratele de emulsii sînt foarte subţiri, cantitatea maximă de argint care apare la developare este mult mai mică decît la peliculele ordinare. Pe de altă parte, cantitatea de colorant formată la developare este ridicată în comparaţie cu cea de argint, depăşind pe aceasta de 4-5 ori. În acest fel se pot obţine coloraţii intense. Grosimea mică a stratului elementar are însă dezavantajul unei latitudini de fotografiere redusă. Din acest motiv, expunerile sînt mai critice decît în cazul imaginilor alb-negru.

Fiecare emulsie a unui strat elementar conţine în masa sa un formator de culoare sau cuplant care are proprietatea ca în timpul developării să formeze cu revelatorul un colorant de coloraţie complimentară radiaţiilor pentru care stratul fotografic este sensibil. Emulsia superficială sensibilă la radiaţii albastre conţine un formator pentru galben, emulsia de mijloc sensibilă la verde conţine un formator pentru purpuriu (magenta), emulsia de roşu, un formator pentru albastru-verde (cian).

Cele trei culori (galben, magenta, cian) nu apar decît după developarea într-un revelator special, denumit c r o m o g e n.

Formatorii de culoare sînt substanţe organice care, posedînd anumite particularităţi de structură, au proprietatea de a reacţiona cu grupările active din molecula agentului reducător din revelator (mai precis cu forma sa semioxidantă). Există un număr mare de formatori de culoare cunoscuţi în tehnica obţinerii materialelor fotografice în culori. Ei sînt grupaţi după culoarea pe care o dau după developare în: formatori de galben, formatori de magenta şi formatori de albastru-verde. Procedeele lor de obţinere constituie obiectul a numeroase patente.

Formatorii de culoare introduşi în stratele elementare ale unui material color trebuie să îndeplinească proprietatea importantă de a nu difuza în stratele elementare vecine după întinderea emulsiei pe suport sau în timpul prelucrării. Aceasta înseamnă că formarea colorantului de galben trebuie să se localizeze în monocromul de albastru, a colorantului de magen-

ta în monocromul de verde, a colorantului de albastru-verde în monocromul de roşu. Rezultă că formatorul de culoare trebuie să fie introdus în emulsie într-o formă nedifuzabilă. Aceasta se realizează în practică substituind în molecula propriu-zisă a formatorului de culoare un radical cu o greutate moleculară mare. Prezenţa acestuia transformă formatorul de culoare într-un compus nedifuzabil şi greu solubil.

Marea majoritate a materialelor fotografice color, negative, pozitive sau reveresibile, conţin formatorii de culoare încorporaţi în stratele monocrome elementare, aşa cum s-a arătat mai sus. Prelucrarea chimică a acestora nu ridică dificultăţi deosebite de ordin tehnic.

Există şi o categorie de materiale color, relativ restrînsă, în care formatorul de culoare nu se introduce în emulsie la preparare, ci în revelator, înainte de developare. În acest caz, formatorul de culoare se prepară într-o formă difuzabilă, solubilă în baia de developare. În timpul developării, formatorul de culoare va duce la apariţia colorantului care precipită în stratul fotografic, pe locurile unde developarea argintului a fost iniţiată de către revelator. Developarea materialelor color cu formatori difuzabili este o operaţie deosebit de complicată. Ea se efectuează numai de către firmele producătoare ale acestor materiale care posedă laboratoare specializate în această direcţie.

Ordinea indicată a straturilor elementare monocromatice este cea mai utilizată. Ea este respectată aproape întotdeauna, independent de producător, la filmele negative şi reversibile. La hîrtia fotografică destinată imaginilor în culori care aproape întotdeauna se impresionează la lumină artificială, succesiunea straturilor monocromatice poate fi alta. De exemplu, la hîrtia fotografică color Agfa-Gevaert, stratul de roşu (imagine albastru-verde) este deasupra, iar stratul de albastru (imagine galbenă) este pe suport. În acest caz, şi raportul sensibilităţii generale ale celor trei emulsii este altul decît cel menţionat. Acelaşi lucru, adică o succesiune diferită a straturilor monocrome, se observă şi la filmele cu mai multe straturi, destinate confecţionării de măşti în culori.

Materialele fotografice pentru luarea de imagini în culori pot fi filme negative, filme pozitive, hîrtie, filme reversibile.

Filmele negative dau imagini în culori complimentare culorilor obiectului. Aceste imagini servesc pentru scoaterea de copii pozitive în culori pe hîrtie sau pe film pozitiv.

Filmele reversibile ocupă un loc important în categoria materialelor color. Ele servesc pentru efectuarea de diapozitive în culori de format redus sau pentru filmele de cinema. Aceste materiale permit să se obţină direct o imagine pozitivă în culori de calitate foarte bună.

Filmele reversibile cu developare cromogenă există în două variante:

- cu cuplanţi nedifuzabili, încorporaţi în emulsie;
- cu cuplanţi neîncorporaţi, aceştia introducîndu-se la developare.

Categoria filmelor inversibile cu cuplanţi difuzabili introduşi la developare prezintă un interes restrîns pentru practica cinematografică.

## 2. Developarea cromogenă

Developarea cromogenă se realizează atunci cînd se developează un strat fotografic impresionat cu ajutorul unei parafenilendiamine disubstituite în prezenţa unui fenol sau a unui compus cu o grupă metilen reactivă.

Parafenilendiamina disubstituită este revelatorul, iar fenolul sau compusul cu grupa metilen reactivă funcţionează drept formator de culoare sau cuplant. Acesta din urmă se găseşte de obicei introdus în emulsia fotografică.

Agentul de developare cromogenă cel mai folosit este dietilparafenilendiamina. Aceasta, acţionînd asupra formatorului de culoare care poate fi, de exemplu, un $\alpha$ -naftol, în prezenţa unui oxidant, apare un colorant albastru.

Scanned with OKEN Scanner

Formarea colorantului prin developarea cromogenă este în realitate o reacţie complexă în mai multe stadii, cu formare de argint metalic.

În prima etapă, parafenilendiamina disubstituită este mai întîi oxidată de ionii de argint ai cristalului impresionat de ioni semichinonici, cu formare de argint metalic, după cum rezultă din reacţia:

I. $R_2N-C_6H_4-NH_2+2Ag^+ \longrightarrow R_2N^+ = C_6H_4 = NH + H^+ + 2\ Ag$

Parafenilendiamina Semichinona

Semichinona revelatorului cuplează cu formatorul de culoare cu formarea unui colorant insolubil. Reacţia are loc în două faze, după cum urmează:

II. $R_2N^+ = C_6H_4 = NH + H_2C-RR' \longrightarrow R_2N-C_6H_4-NH-CH-RR' + H^+$

Semichinonă Formator Leucoderivat

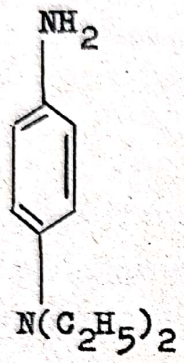
III. $R_2N-C_6H_4-NH-CH-RR' + \text{oxidant} \longrightarrow R_2N-C_6H_4-N = C\begin{matrix}R\\ \diagup\\ \diagdown\\ R'\end{matrix}$

În prima etapă a reacţiei de developare rezultă o imagine de argint metalic cu apariţia formei semioxidate a revelatorului. Colorantul se depune deci peste imaginea de argint. Pentru ca în final să apară coloraţii pure de imagini, este necesar ca argintul developat să fie îndepărtat prin dizolvare într-un proces ulterior developării. Aceasta se face prin operaţia denumită a l b i r e. După cum se vede, formatorul de culoare poate cupla cu semichinona revelatorului numai acolo unde a apărut imaginea de argint şi a existat în prealabil imagine latentă.

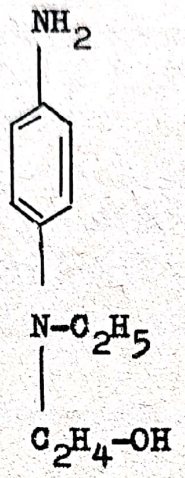
Scanned with OKEN Scanner

3. Agenţi pentru developarea cromogenă

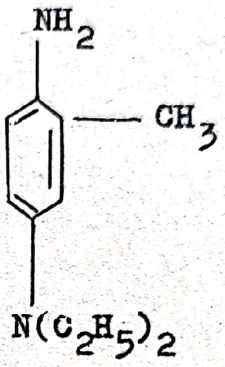
Agenţii de developare care prezintă cele mai bune caracteristici pemtru developarea cromogenă sînt derivaţii disubstituiţi ai parafinelendiaminei. Dintre aceştia, o largă răspîndire o au: dietilparafenilendiamina, etiloxietilparafenilendiamina şi dietilparatoluilendiamina:




Dietilparafenilendiamina




Etiloxietilparafenilendiamina




Dietilparatoluilendiamina

Parafenilendiaminele sînt introduse în revelatori sub formă de clorhidraţi. Ele au o toxicitate ridicată pentru piele, provocînd fenomene alergice. Această toxicitate a putut fi redusă, introducînd în molecula parafenilendiaminelor grupări chimice care ridică solubilitatea.

4. Constituţia revelatorilor cromogeni

a. <u>Revelatori cromogeni pentru emulsii cu formatori</u>. Pentru developarea materialelor color este mai dificil să se folosească formule standard de developare.

In general, pentru fiecare tip de film sau hîrtie fotografică pentru imagini în culori se stabilesc şi se recomandă

de către fabricile producătoare formule de revelatori şi metodici precise de developare care trebuie îndeplinite cît mai minuţios posibil, pentru a căpăta rezultatele dorite.

Trebuie, de asemenea, semnalat că sortimentele de materiale color fabricate se transformă şi se reînnoiesc în permanenţă, fiind necesar să se cunoască de fiecare dată revelatorul şi metodica de prelucrare indicată.

Se livrează de către fabricile producătoare şi revelatori gata preparaţi ce urmează numai a fi dizolvaţi înainte de utilizare. În lipsa acestora trebuie să se cunoască cel puţin reţeta revelatorului şi a celorlalte băi de prelucrare, pentru a le putea prepara cînd este necesar. Dacă uneori, din lipsă de documentaţie, este necesar să se întrebuinţeze alţi revelatori, aceasta necesită încercări preliminare, sistematice, pentru a obţine rezultate corespunzătoare.

Revelatorii cromogeni obişnuiţi conţin:

- un agent de developare;
- o mică cantitate de sulfit de sodiu;
- o substanţă alcalină (carbonat de sodiu sau potasiu);
- o substanţă antivoal.

În mod facultativ:

- o substanţă care blochează ionii metalici (etilendiamintetraacetat de sodiu);
- o substanţă uşor oxidabilă care împiedică formarea voalului colorat (clorhidrat de hidroxilamină);
- o substanţă cu acţiune-tampon (fosfat trisodic sau tripotasic, fosfat disodic).

Pentru materialele color negative şi pozitive, prelucrarea constă din următoarele operaţii:

- developare, timp de 3-10 min la 15-18°C;
- baie de oprire;
- spălare intermediară;
- albire;
- spălare intermediară;
- fixare;
- spălare finală.

de către fabricile producătoare formule de revelatori şi metodici precise de developare care trebuie îndeplinite cît mai minuţios posibil, pentru a căpăta rezultatele dorite.

Trebuie, de asemenea, semnalat că sortimentele de materiale color fabricate se transformă şi se reînnoiesc în permanenţă, fiind necesar să se cunoască de fiecare dată revelatorul şi metodica de prelucrare indicată.

Se livrează de către fabricile producătoare şi revelatori gata preparaţi ce urmează numai a fi dizolvaţi înainte de utilizare. În lipsa acestora trebuie să se cunoască cel puţin reţeta revelatorului şi a celorlalte băi de prelucrare, pentru a le putea prepara cînd este necesar. Dacă uneori, din lipsă de documentaţie, este necesar să se întrebuinţeze alţi revelatori, aceasta necesită încercări preliminare, sistematice, pentru a obţine rezultate corespunzătoare.

Revelatorii cromogeni obişnuiţi conţin:

- un agent de developare;
- o mică cantitate de sulfit de sodiu;
- o substanţă alcalină (carbonat de sodiu sau potasiu);
- o substanţă antivoal.

În mod facultativ:

- o substanţă care blochează ionii metalici (etilendiamintetraacetat de sodiu);
- o substanţă uşor oxidabilă care împiedică formarea voalului colorat (clorhidrat de hidroxilamină);
- o substanţă cu acţiune-tampon (fosfat trisodic sau tripotasic, fosfat disodic).

Pentru materialele color negative şi pozitive, prelucrarea constă din următoarele operaţii:

- developare, timp de 3-10 min la 15-18°C;
- baie de oprire;
- spălare intermediară;
- albire;
- spălare intermediară;
- fixare;
- spălare finală.

Albirea are drept scop oxidarea şi îndepărtarea din stratul fotografic a argintului imaginii. În urma acestei operaţii rămîne numai imaginea colorată. Albirea se realizează, în general, cu fericianură de potasiu.

În multe cazuri, fixarea şi albirea se combină într-o singură baie.

Pentru tratamentul peliculelor reversibile cînd se obţine direct imagine pozitivă, procesul este ceva mai complicat. În acest caz se efectuează mai întîi o developare obişnuită alb-negru (cu un revelator uzual alb-negru pentru imagini negative). Apoi după o scurtă baie de oprire, tanantă, stratul este bine spălat şi supus în mod uniform unei expuneri de lungă durată de 1-2 min. Această expunere se efectuează, de obicei, iradiind în mod uniform stratul fotografic cu o lampă electrică de 100-500 W. Se efectuează apoi developarea cromogenă cu un derivat de parafenilendiamină urmată de fixare şi albire.

Între două operaţii succesive, materialul trebuie să fie foarte bine spălat.

Întrucît revelatorii cromogeni sînt uşor alterabili, se oxidează în contact cu aerul, este necesar ca ei să fie preparaţi nemijlocit înainte de întrebuinţare.

b. <u>Revelatori cromogeni cu formatori.</u> Revelatorii pentru developarea cromogenă cu formatori difuzabili sînt constituiţi în mod similar cu revelatorii menţionaţi anterior, cu deosebirea că ei conţin în plus un formator de culoare difuzabil. Formatorul este dizolvat mai întîi într-o substanţă miscibilă cu apa (alcool metilic, etilic, izopropilic sau acetonă) şi apoi introdus în revelator, înainte de developare. Developarea cea mai echilibrată se obţine pentru o concentraţie echimoleculară revelator-formator. Concentraţia formatorului şi durata developării influenţează coloraţia.

## 5. Condiţiile ce se impun la developarea cromogenă

Developarea materialelor în culori este o operaţie mai dificilă decît developarea alb-negru. Pentru obţinerea de rezultate satisfăcătoare se impune respectarea cu stricteţe a metodicii de lucru, a duratei stadiilor. Temperatura recomandată trebuie respectată cu o precizie de ± o,1°C, în cazul cînd temperatura este prea ridicată apare voal colorat, iar o supra- sau subdevelopare duc la apariţia de dominante de culori.

În timpul prelucrării, pentru a realiza o developare uniformă, este indicat să se facă o uşoară agitare a soluţiei de lucru.

Pe de altă parte trebuie menţionat că revelatorii cromogeni se oxidează foarte uşor la păstrare. Ei nu se pot folosi pentru cîteva serii de developări de pe o zi pe alta. Revelatorul cromogen trebuie preparat cu cel mult 24 de ore înainde te folósire. Pentru orice developare este recomandabil să se folosească revelator proaspăt sau folosit cel mult o dată.

## 6. Defecte ale developării cromogene

Din cauza unei developări neuniforme sau a unei difuzii nesatisfăcătoare a produşilor de oxidare ai revelatorului din stratul de emulsie pot apărea efecte marginale (aureole) la regiunile adiacente de densităţi ridicate. În cazul unei agitaţii nesatisfăcătoare a soluţiei în timpul developării, formarea imaginii într-un anumit strat de emulsie este influenţată de formarea imaginii din stratul adiacent, ceea ce duce la variaţii nedorite ale contrastului.

La developarea emulsiilor color există şi numeroase cauze de formare de voal colorat, astfel:

Scanned with OKEN Scanner

- o îmbătrînire inegală a celor trei straturi monocrome în timpul păstrării duce la variaţia diferită a densităţii de voal. La developare apare o slabă dominantă de voal colorat în stratul cu densitatea cea mai mare de voal;

- nerespectarea metodicii de prelucrare (o durată prea lungă de developare, o temperatură prea ridicată, prezenţa unor impurităţi în baia de developare, folosirea unei cantităţi prea reduse de bromură de potasiu) duce la apariţia voalului de developare;

- folosirea unei băi de developare oxidate sau eliminarea incompletă prin spălare a revelatorului înainte de albire duce la apariţia voalului de oxidare.

## 7. Coloranţi obţinuţi la developarea filmelor în culori şi caracteristicile lor.

Coloranţii formaţi prin developarea cromogenă sînt substanţe relativ instabile, care se descompun sub acţiunea luminii, mai ales a radiaţiilor ultraviolete, a oxidanţilor, a acizilor şi a altor reactivi chimici. Pentru o conservare mai îndelungată a imaginilor în culori, este necesar ca filmele să fie păstrate în întuneric. Descompunerea fotochimică a coloranţilor joacă un rol mai important pentru imaginile color obţinute pe hîrtia cu emulsii suprapuse pe care se realizează peisaje sau portrete, confecţionate pentru a fi păstrate în vitrine sau pe pereţi. Acestea se decolorează în timp. Pentru a se remedia acest lucru, o serie de firme producătoare de filme în culori introduc în emulsiile respective, înainte de întinderea pe suport, anumiţi agenţi chimici conservanţi, care au rolul de a preîntîmpina descompunerea coloranţilor obţinuţi la developarea cromogenă.

Coloranţii formaţi la developarea cromogenă mai prezintă unele defecte şi în ceea ce priveşte caracteristicile lor spectrale. Majoritatea lor au abateri de la puritatea spectra-

lă. Pentru coloranţii galbeni, separaţia dintre domeniul de transmisie şi absorbţie nu este netă. Coloranţii de albastru-verde absorb o parte din radiaţiile albastre pe care ar trebui să le transmită, şi transmit într-o anumită măsură radiaţii în domeniul portocaliu şi roşu-închis. Coloranţii de purpuriu prezintă o bandă nedorită în albastru.

## 8. Principalele procedee de developare a imaginilor în culori

Procedeul Agfacolor, pus la punct în anul 1935, a fost primul care a utilizat formatori nedifuzanţi. Developarea filmelor negative, conform acestui procedeu, constă din următoarele:

- developare cromogenă, 6-7 min la 18°C;
- baie de oprire, 2 min;
- spălare intermediară, 15 min;
- albire şi fixare, 5-8 min;
- spălare finală, 2o min.

Întrucît formulele revelatorilor sînt reînnoite în permanenţă în funcţie de modificările aduse straturilor fotosensibile, reţetele indicate în literatură pot să aibă numai un caracter documentar.

Procedeul Agfacolor de developare a filmelor reversibile comportă următoarele operaţii:

- developare negativă, 5 min;
- baie de oprire;
- spălare intermediară;
- a doua expunere la lumina unui bec de 5oo W la distanţa de 5o cm pentru inversarea imaginii;
- developare cromogenă;
- spălare cu apă rece la temperatura de 12-15°C;
- albire şi fixare;
- spălare finală.

Scanned with OKEN Scanner

Procedeele Gevacolor şi Feraniacolor sînt analoge ca principiu procedeului Agfacolor de la care derivă. Bineînţeles că este recomandabil ca pentru fiecare material să se folosească setul de substanţe de developare produse de fabricanţi, precum şi procedura de lucru recomandată.

Procedeul de developare Eastmancolor este principial diferit de procedeul Agfacolor. Filmele negative Eastmancolor ca şi Ektacolor conţin în stratele monocrome constituente formatori coloraţi care permit o corectare automată prin măşti a monocromului de magenta şi albastru-verde. Prelucrarea filmului negativ Eastmancolor, pentru cinematografie, comportă operaţiile următoare:

- eliminarea substratului antihaloic într-o baie de carbonat, 1-2 min;
- developare cromogenă cu un revelator nealergic de sulfat de 4-amino-N-etil- $\beta$ -metilsulfamidoetilmetatoluidină, care conţine o,38 % alcool benzilic. Durata de developare este de 24-27 min la 21°C;
- baia de oprire, 4 min;
- spălare, 4 min;
- albire, 5 min;
- spălare, 8 min;
- fixare, 1 min;
- spălare, 8 min;
- baie de înmuiere, 1 min;
- uscare, 15-2o min.

Pentru filmul contratip negativ, după procedeul Eastmancolor, developarea se face în aceleaşi băi ca şi negativul original. Imaginea negativă se transpune pe film pozitiv Eastmancolor prin copiere cu o sursă de lumină cu o temperatură de culoare de 3ooo °K şi trei filtre colorate Wratten, 7o (roşu), 76+61 (verde) şi 3+38 A (albastru).

Developarea pozitivă se efectuează cu un revelator cu clorhidrat de dietiltoluilendiamină. Fixarea se efectuează într-o baie tanantă.

Scanned with OKEN Scanner

Developarea filmului reversibil Ektachrome, la care obţinerea imaginii color se bazează pe acelaşi principiu ca şi la filmul Eastmancolor, comportă operaţiile următoare:

- developare negativă, 15 min la 20°C;
- spălare intermediară;
- tanare, 3-10 min.

A doua expunere pe fiecare parte, de la o distanţă de 30 cm, cu o lampă Photoflood:

- spălare, 5 min;
- developare cromogenă, 25 min la 20°C;
- spălare, 5 min;
- clarificare şi fixare, 5 min;
- spălare intermediară;
- albire, 10 min;
- spălare intermediară, 1 min;
- fixare într-o baie de clarificare;
- spălare, 10 min;
- scurgerea picăturilor de apă;
- uscare.

În timpul necesar studiilor de prelucrare trebuie efectuată o agitare uniformă şi menţinută o temperatură corespunzătoare. Procedeul Kodachrom elaborat de firma Kodak se bazează pe principiul utilizării formatorilor nedifuzaţi. Formatorii nu sînt încorporaţi în emulsie la preparare ca în procedeele anterioare, ci introduşi prin developarea individuală a fiecărui monocrom. Procedeul de prelucrare este mai complicat şi mai dificil de condus decît cele anterioare.

## 9. Controlul şi corectarea imaginilor în culori

Pentru ca redarea culorilor într-o imagine în culori să fie perfectă, este necesar ca ea să absoarbă orice lumină incidentă complimentară culorii pigmentului monocromului, iar această lumină să fie transmisă integral de imaginile colorate

Scanned with OKEN Scanner

celorlalte două monocrome. Acest lucru în realitate nu se întîmplă, deoarece curbele spectrale reale ale pigmenţilor se abat de la forma lor ideală (fig.8o), iar fiecărei ima-

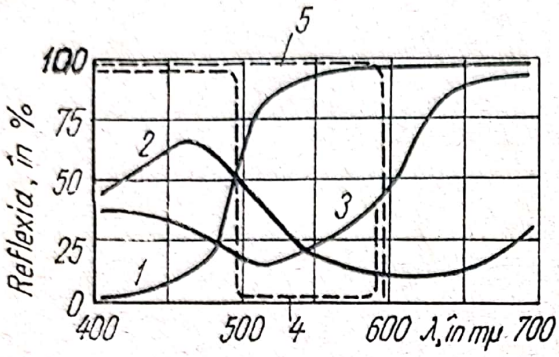



Fig.8o. Curbele reale şi ideale de reflexie spectrală ale unor cerneluri:
1- curba dată de cerneala galbenă; 2- curba dată de cerneala albastră; 3- curba dată de cerneala purpurie; 4- transmisia ideală a purpuriului; 5- transmisia ideală a albastrului.

gini monocrome îi corespund cîte două imagini parazite mai mult sau mai puţin intense în celelalte două straturi monocrome. Imaginile din celelalte două straturi acoperă mai mult sau mai puţin imaginea principală în funcţie de intensitatea lor. Astfel, imaginea principală a stratului de albastru are două imagini parazite; una de culoare magenta în stratul de verde şi una de culoare albastru-verde în stratul de roşu. În mod similar se comportă şi celelalte două imagini principale.

Fiecare imagine monocromă este însoţită deci de două imagini parazite care se formează în celelalte două straturi. Acestea acoperă într-o măsură mai mică sau mai mare imaginea principală. Imaginile parazite care corespund celor trei culori principale sînt trecute în tabela 11.

Această tabelă arată că stratul de roşu practic nu are imagini parazite. Imaginile parazite cele mai importante sînt ale culorii de galben, datorită absorbţiei de lumină albastră în celelalte două straturi şi culorii de magenta datorită absorbţiei de lumină verde în celelalte două straturi monocrome.

Imaginile parazite ale monocromului de roşu (imagine albastru-cian) sînt foarte slabe şi în practică nu joacă un rol important.

Defectele imaginilor colorate se pot corecta într-o anumită măsură prin procedeul de mascare. Această metodă constă în a suprapune imaginii în culorile originale inversul

Tabela 11

Imaginile parazite
ale straturilor fotografice în culori

| Imagine principală | Imagini parazite | |
|---|---|---|
| Stratul albastru (imagine galbenă) | Stratul de verde (imagine magenta) datorită absorbţiei de lumină albastră | Stratul de roşu (imagine albastră-verde datorită luminii albastre absorbite) |
| Stratul de verde (imagine magenta) | Stratul de albastru (imagine galbenă) datorită absorbţiei de lumină verde) | Stratul de roşu (imagine albastru-verde, datorită absorbţiei de lumină verde) |
| Stratul de roşu (imagine albastru-verde) | Stratul de verde (imagine magenta slabă datorită absorbţiei reduse de lumină roşie) | Stratul de albastru (imagine galbenă foarte slabă, datorită absorbţiei foarte reduse de lumină roşie) |

imaginii parazite care se urmăreşte să se elimine. Astfel, pentru un diapozitiv care are o imagine parazită în lumina albastră este necesar ca la copiere să se suprapună negativul acestei imagini parazite, pentru a o anula.

Măştile sînt diapozitive confecţionate pentru mascare, respectiv pentru corectarea imaginilor în culori. Ele pot fi interne şi externe. În primul caz, masca se formează chiar în stratul fotografic. În acest scop, se confecţionează o serie de filme fotografice, în special negative pentru cinematografie, care conţin anumite straturi sensibile intermediare între straturile monocrome principale. Acestea au proprietatea de a forma măşti interne pentru corectarea imaginilor

Scanned with OKEN Scanner

parazite în procesul de expunere şi prelucrare. În această categorie intră filmul negativ color Eastmancolor. Datorită unor formatori de culoare coloraţi,acestea permit o corectare automată prin măşti interne pentru imaginea magenta şi albastru-verde.

Cel mai răspîndit este însă procedeul de mascare cu măşti externe.

O corectare completă ar necesita şase măşti, cîte două pentru fiecare monocrom. Întrucît imaginile parazite de roşu sînt neglijabile, numărul de măşti s-ar ridica la patru, două pentru galben şi două pentru magenta. Deoarece însă suprapunerea a patru măşti ar complica foarte mult operaţiile,în practică se folosesc numai două măşti, una pentru imaginea de galben şi una pentru imaginea de magenta. Chiar şi astfel, tehnica de mascare este foarte minuţioasă şi delicată.Un control necorespunzător al contrastului şi al densităţii măştilor riscă să altereze echilibrul cromatic.

Procedeul de corectare a imaginilor prin mascare se aplică uneori filmelor color negative la copiere.Această tehnică este însă deosebit de valoroasă pentru corectarea negativelor de selecţie în poligrafie, în procesul de reproducere a originalelor în culori. Măştile se realizează pe materiale fotografice destinate acestui scop, cu un contrast scăzut şi o putere de rezoluţie redusă. Principalele măşti folosite pentru corectarea negativelor de selecţie sînt masca de purpuriu (magenta) şi masca de galben. Masca de roşu-purpuriu se confecţionează prin copiere de pe negativul culorii de albastru-verde care este considerat cel mai corect negativ de selecţie. Ea se developează pînă la un contrast de o,5 şi se suprapune peste negativul de purpuriu la copiere. Masca de galben se confecţionează prin copierea negativului de purpuriu. Copia obţinută, developată pînă la un contrast de o,45, se suprapune peste negativul de galben la copierea acestuia.

## C. Sensitometria imaginilor în culori

### 1. Importanţa şi domeniul de aplicabilitate a sensitometriei color

Măsurătorile sensitometrice au o importanţă foarte mare pentru procesul de fotoreproducere în culori. Aceasta se datoreşte faptului că reproducerea fidelă a culorilor reale ale obiectelor pe materiale color este o problemă foarte dificilă şi reuşita ei depinde în mare măsură de aplicarea corectă a procedeelor de control sensitometric în etapele intermediare. Pe de altă parte, pe lîngă caracteristicile comune imaginilor alb-negru, ca, de exemplu, pragul de voal, coeficientul de contrast, latitudinea de fotografiere, sensibilitatea generală, apar şi alte mărimi ce trebuie determinate, ca echilibrul cromatic, mărime despre care se va discuta în cele ce urmează. Pe de altă parte,densitatea optică a imaginii are particularităţile sale.

### 2. Densităţi pure sau absolute şi densităţi vizual echivalente ale imaginilor în culori

Imaginile pozitive şi negative color constau din trei culori de bază: roşu-purpuriu (magenta), albastru-verde (cian), galben, din care se compun toate celelalte culori intermediare. Măsurarea densităţilor acestor imagini în lumină albă nu dă indicaţii suficient de concludente.

În sensitometria color, măsurarea densităţii celor trei imagini monocrome se efectuează prin examinare într-o lumină monocromatică de culoare complimentară, după cum urmează:

imaginea galben în lumină albastră;

imaginea magenta, în lumină verde;

imaginea albastru-verde în lumină roşie.

Determinarea este cu atît mai precisă cu cît lumina este mai monocromatică. În cazul în care se măsoară o imagine monocromatică izolată în lumină complementară, se determină o densitate pură sau absolută. Deoarece la materialele color cele trei straturi monocrome se găsesc pe acelaşi suport, atunci cînd se examinează imaginea unui monocrom în lumină monocromatică se determină,pe lîngă densitatea imaginii principale(densitatea pură sau absolută),şi densitatea imaginilor parazite ale celorlalte două monocrome în stratul respectiv. Această densitate, măsurată în cazurile practice, se denumeşte densitate totală sau densitate efectivă şi reprezintă, în concluzie, suma densităţii absolute sau pure şi a densităţii imaginilor parazite din monocromul respectiv. Densităţile efective ale imaginilor monocrome sînt folosite în sensitometria color pentru trasarea curbelor caracteristice ale straturilor elementare,monocrome.

Densitatea vizual echivalentă. Pentru orice imagine monocromă de bază, în practica sensitometriei color s-a mai definit mărimea denumită densitate echivalentă sau densitate vizual echivalentă. Aceasta reprezintă densitatea vizuală pe care ar trebui s-o aibă o imagine monocromă dacă ar fi convertită în scară de gri neutru, prin suprapunerea peste ea a cantităţilor exact echivalente din culorile celorlalte două imagini. De exemplu, o imagine albastru-verde are o densitate vizual echivalentă de 2,0, dacă prin combinarea ei cu cantităţi exact echivalente din culorile celorlalte două imagini,galben şi magenta, dă un depozit de gri cu o densitate de 2,0. Deci pentru obţinerea unei densităţi neutru echivalente este necesar ca cele trei depozite de colorant să fie identice. Densităţile neutrale sau vizual echivalente sînt un factor important pentru a transfera experienţa sensitometrică din domeniul imaginilor alb-negru în domeniul fotografiei color.

3. Măsurarea densităţii imaginilor color

Densitatea imaginilor color se măsoară cu densi - tometre echipate pentru acest scop. Densitometrele sînt diferite, după cum se are în vedere măsurarea densităţilor absolute sau a densităţilor echivalente. Pentru scopul măsurării directe a densităţilor vizual echivalente, densitometrele color sînt prevăzute cu clinuri sensitometrice în culori, etalonate în densităţi vizual echivalente. Schema unui asemenea densitometru se dă în figura 81. Lumina de la o sursă S, cana-

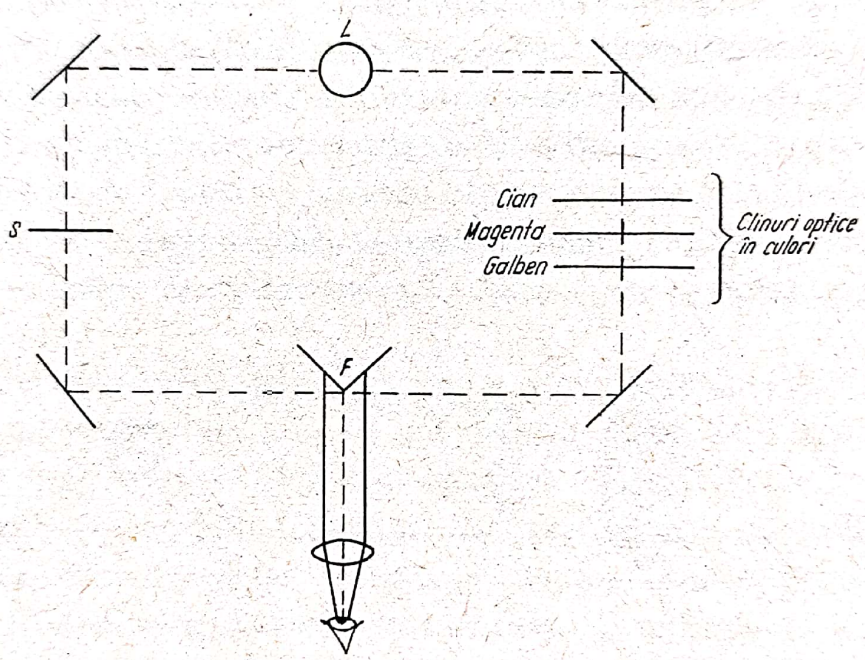



Fig.81. Schema unui densitometru pentru măsurarea de densităţi vizual echivalente.

lizată în două direcţii opuse, se reflectă pe două oglinzi cu reflexie totală, O şi O'. Lumina venită pe partea stîngă a sursei traversează apoi eşantionul de film color ce urmează a fi măsurat. Fasciculul transmis este trimis apoi pe o oglindă cu reflexie totală şi cade pe cîmpul de comparaţie F. Lumina trimisă pe partea dreaptă a sursei, după reflexia pe oglinda O', străbate trei clinuri sensi-

tometrice în trepte de culori, şi anume: galben, magenta şi albastru-verde. Fasciculul transmis prin acestea cade apoi pe cîmpul de comparaţie F. Prin ajustarea clinurilor la valoarea convenabilă pentru a stabili pe cîmpul de comparaţie F egalitatea celor două fascicule transmise independent, se stabileşte valoarea densităţii echivalente. Dacă densităţile echivalente ale clinurilor sînt cunoscute, în funcţie de acestea se poate măsura densitatea de culoare a eşantionului. Cînd densităţile echivalente ale clinurilor nu sînt cunoscute, acestea trebuie calibrate înainte de măsurarea eşantionului.

În cazul măsurării densităţilor absolute sau efective se folosesc densitometre fotoelectrice echipate pentru măsurarea densităţii în lumină monocromatică. Lumina monocromatică necesară poate fi furnizată de un monocromator sau de o sursă de lumină ecranată cu filtre colorate, cu benzi de transmisie bine definite. Schema unui asemenea densitometru se dă în figura 82. De la sursă, razele de lumină trec printr-un filtru

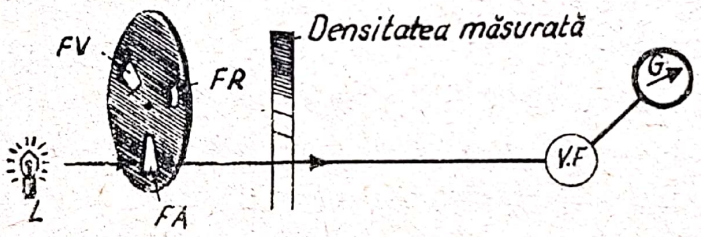



Fig.82. Schema unui densitometru fotoelectric pentru măsurarea densităţilor efective în lumină monocromatică.

ales (roşu, verde sau albastru), apoi străbat eşantionul de măsurat. Fasciculul transmis este recepţionat de o fotocelulă care transformă semnalul luminos într-un semnal electric. Curentul transmis de fotocelulă, de intensitate foarte mică, dar proporţional cu intensitatea semnalului luminos, este preluat de un amplificator şi amplificat la o valoare măsurabilă cu ajutorul unui microampermetru, etalonat în unităţi de densitate, sau de un galvanometru. Cu un asemenea densitometru se poate măsura densitatea imaginii de galben, folosind un

filtru albastru, a imaginii purpurii, cu un filtru de verde, a imaginii albastru-verde, cu un filtru roşu. În numeroase cazuri, densitometrele fotoelectrice pentru alb-negru sînt echipate şi cu seturi de filtre pentru măsurarea densităţilor color. De tipul descris mai sus este densitometrul pentru film cinematografic, Defa.

## 4. Obţinerea sensitogramelor în sensitometria color

Ca şi în sensitometria alb-negru, în sensitometria color determinarea caracteristicilor sensitometrice se face pe baza curbei caracteristice. Aceasta se trasează pe baza măsurătorilor efectuate pe eşantioane din materialul de cercetat, care au primit o serie de expuneri gradate (în trepte). Acestea se denumesc, ca şi în sensitometria alb-negru, s e n s i - t o g r a m e.

Pentru obţinerea unei sensitograme, eşantionul din materialul de cercetat trebuie să se expună la un sensitometru prin intermediul unui clin sensitometric. Sensitometrele color conţin o serie de particularităţi de construcţie în comparaţie cu cele alb-negru. În primul rînd, sursa de lumină folosită trebuie să aibă o temperatură de culoare apropiată de aceea pentru care este destinat materialul spre a fi expus (lumina zilei sau lumină artificială). La materialele destinate spre a fi expuse la lumina zilei se foloseşte o sursă de lumină cu o temperatură de culoare de 5000°K. Pentru materialele destinate spre a fi expuse la lumină artificială, sursa de lumină trebuie să aibă o temperatură de culoare de 3000°K. În primul caz, temperatura de culoare se poate ajusta folosind filtre optice. Deoarece este necesar să se traseze cîte o curbă caracteristică pentru fiecare din culorile imaginilor, galben, purpuriu, albastru-verde, se confecţionează în mod corespunzător trei sensitograme. În acest scop, sensitometrul posedă fie un monocromator, fie este echipat cu filtrele optice corespunzătoare: albastru, pentru obţinerea sensitogramei monocromului

de galben, verde pentru monocromul de purpuriu şi roşu pentru monocromul de albastru-verde. Aceste filtre de culoare se procură o dată cu sensitometrul de la firma producătoare. Ele au curbe de transmisie spectrală bine determinate.

## 5. Trasarea curbelor caracteristice şi determinarea caracteristicilor sensitometrice

După obţinerea sensitogramelor, se obţin la un densitometru color densităţile absolute, apoi se trasează curbele caracteristice după aceeaşi tehnică folosită în sensitometria alb-negru. Se obţin în acest fel trei curbe caracteristice, după cum este arătat în figura 83.

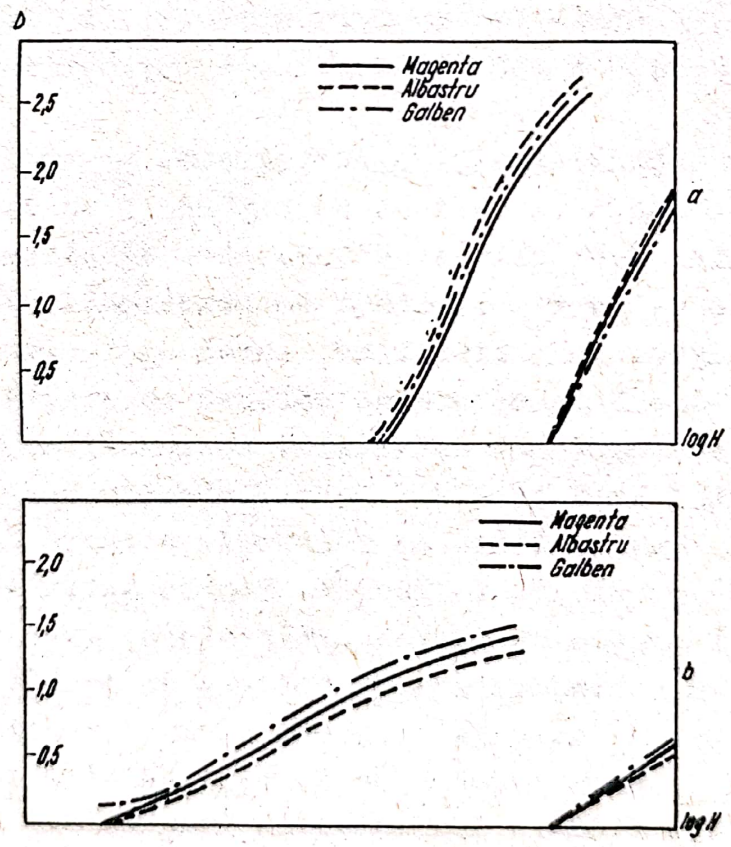



Fig.83. Curbele caracteristice ale stratelor monocrome ale unui material color.

La un material color echilibrat din punct de vedere cromatic, cele trei curbe caracteristice trebuie să fie paralele, adică să aibă aceeaşi pantă în regiunea rectilinie. Ordonata la origine a curbei caracteristice va da pragul de voal, $D_o$, al monocromului respectiv. Din curba caracteristică se poate determina de asemenea sensibilitatea g e n e r a l ă,coeficientul de contrast şi latitudinea de fotografiere pentru fiecare monocrom în parte. La materialele color este comod să se determine o sensibilitate generală relativă a fiecărui monocrom în raport cu stratul cel mai puţin sensibil, care este de obicei stratul de albastru. Aceasta se exprimă, după cum s-a arătat la capitolul de sensitometrie, prin raportul inversului timpurilor necesare, pentru a se obţine cu aceeaşi sursă de lumină densităţi egale pe cele două emulsii de sensibilităţi diferite.

Sensibilitate. Sensibilitatea generală a celor trei emulsii ale unui film negativ sau reversibil pentru culori este diferită, după cum materialul este destinat pentru a fi expus la lumina zilei sau la lumina artificială. Lumina artificială,care este mai bogată în radiaţii roşii, necesită o emulsie pancromatică mai puţin sensibilă decît cea destinată pentru lumina de zi.

Filmele color sînt fabricate în două variante:

- pentru fotografiere la lumina zilei;
- pentru fotografiere la lumina artificială.

Sensibilitatea generală a unui film cu straturi multiple este de aproximativ lo ori mai mică decît aceea a unui film rapid oarecare. Sensibilitatea medie a filmelor comerciale pentru culori în diferite unităţi sensitometrice este dată în tabela 12.

Contrastul materialelor fotografice pentru imagini în culori. Coeficientul de contrast al fiecărui monocrom în parte se determină din panta curbei caracteristice respective. Filmele pentru fotografiere în culori au un contrast în jurul valorii de o,7, uneori mai ridicat. În cazul imaginilor negative, cînd la copiere se pierde din contrast, se indică folosirea unor filme negative cu un contrast mai ridicat.

Tabela 12

Sensibilitatea unor filme pentru imagini în culori

| Sensibilitate | Tipul pentru lumina zilei | Tipul pentru lumina artificială ($T^{o}K$ = 3400) |
|---|---|---|
| Unităţi GOST<br>Unităţi ASA<br>Grade DIN | 30-45<br>16-32<br>13/10-17/10 | 30-45<br>16-32<br>13/10-17/10 |

Valorile contrastului la cele trei monocrome trebuie să fie egale sau foarte apropiate. În cazul cînd contrastul celor trei imagini nu este egal, culorile sînt falsificate, fără a se mai putea corecta. Un contrast inegal al acestora provine fie dintr-un defect de fabricare a emulsiilor, fie dintr-o îmbătrînire diferenţiată la conservare a straturilor monocrome, fie dintr-o developare neomogenă.

Echilibrul cromatic. Una din caracteristicile importante ale emulsiilor fotografice care dau imagini în culori este echilibrul cromatic. Acesta exprimă în ce măsură culorile straturilor monocrome redau în mod fidel culorile originale ale obiectului fotografiat.

Curbele caracteristice ale celor trei emulsii trebuie să fie foarte asemănătoare, adică contrastul imaginilor să fie cît mai apropiate sau egale; în caz contrar, echilibrul cromatic este schimbat.

Practic, cele trei curbe trebuie să aibă aceeaşi pantă, după cum rezultă din figura 84. În caz că una dintre emulsii are un contrast mai ridicat, apare o dominantă de culoare.

Echilibrul cromatic sau balanţa de culoare a imaginilor color. O reproducere bună a culorilor se realizează atunci cînd coeficienţii de contrast ai celor trei straturi monocrome sînt cît mai apropiaţi. Cantitativ, echilibrul cromatic se exprimă prin diferenţa celui mai mare şi a celui mai mic coefi-

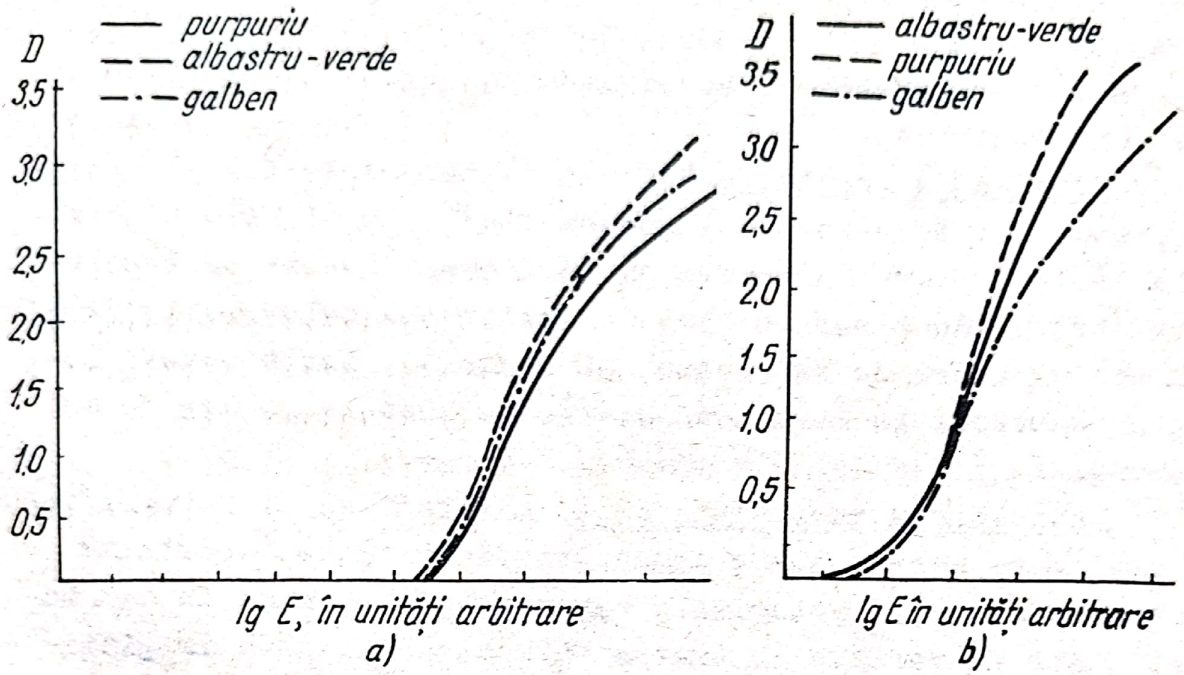



Fig.84. Curbele caracteristice ale celor trei straturi monocrome ale unui material color: a- film negativ color; b- hîrtie color.

cient de contrast ($E = \gamma_{max} - \gamma_{min}$) sau prin raportul sensibilităţilor extreme. În acest caz se raportează sensibilitatea cea mai mare la sensibilitatea cea mai mică, conform relaţiei:

$$K = \frac{S_{max}}{S_{min}} .$$

În condiţii optime de echilibru cromatic, diferenţa $\gamma_{max} - \gamma_{min}$ tinde către zero.

Pentru a realiza un bun echilibru cromatic, este necesar ca:

-sensibilitatea spectrală a fiecărui strat elementar de emulsie să fie foarte bine determinată în raport cu selecţia respectivă;

- sensibilitatea generală a fiecărui monocrom, diferită după poziţia sa pe film, să fie în concordanţă cu sensibilitatea celorlalte două;

- cele trei imagini să fie developate pînă la acelaşi contrast;

- coloranţii rezultaţi prin developare să fie cît mai puri ca tonalitate.

Puterea de rezoluţie. Puterea de rezoluţie a unui film pentru culori este ceva mai redusă decît a unui film negativ. Cele trei straturi suprapuse nu au aceeaşi putere de rezoluţie. Stratul de albastru care înregistrează culoarea de galben are o putere de rezoluţie mai ridicată, iar stratul inferior sensibil la roşu are puterea de rezoluţie cea mai scăzută.

Latitudinea de fotografiere. Latitudinea de fotografiere sau de expunere este o caracteristică foarte importantă pentru un material fotografic oarecare. Ea exprimă în ce măsură poate fi variată expunerea fără ca contrastul imaginii să varieze.

Materialele fotografice pentru imaginile în culori prezintă latitudini de fotografiere mult mai restrînse decît materialele alb-negru. De aici rezultă condiţii de expunere pentru aceste materiale mult mai critice decît la materialele alb-negru. În consecinţă, la expunerea unui film color trebuie avut în vedere că este foarte important să se aleagă corect condiţiile de expunere. În caz contrar se poate ajunge foarte uşor la situaţia de supraexpunere sau de subexpunere. Ambele duc la stricarea echilibrului cromatic şi provoacă apariţia de dominante de culoare. Materialele color pozitive (hîrtia) posedă o latitudine de fotografiere mai redusă decît materialele color negative, ceea ce înseamnă că pentru acestea expunerea este şi mai critică.

Trebuie semnalat, de asemenea, că cele trei straturi monocrome nu au toate aceeaşi latitudine de fotografiere, chiar în situaţia că au acelaşi contrast. În consecinţă, expunerea trebuie fixată în raport cu latitudinea de fotografiere cea mai redusă.

De obicei, monocromul de galben are cea mai redusă latitudine de fotografiere. Din acest motiv, la materialele fo-

tografice color se desemnează o latitudine de fotografiere parţială, care caracterizează fiecare monocrom în parte, şi o latitudine de fotografiere generală, care fixează expunerea maximă permisă în funcţie de latitudinea parţială de fotografiere cea mai joasă.

## Capitolul IX

## TEORIA REPRODUCERII TONURILOR ŞI A SEMITONURILOR

### 1. Rolul redării semitonurilor în reproducerile fotografice

Numeroase aplicaţii ale fotografiei şi cinematografiei au la bază reproducerea imaginilor obiectelor. Reproducerea fotografică se bazează, după cum s-a arătat anterior, pe posibilitatea ca radiaţiile luminoase emise de diferitele porţiuni ale obiectului, cu luminozităţi sau coloraţii diferite, să impresioneze în mod diferit pelicula fotografică. În funcţie de cît de exact sînt reproduse luminozităţile şi culorile obiectului, vom deosebi trei tipuri de reproduceri: fizic exactă, fiziologic exactă, psihic exactă.

Reproduceri fizic exacte le vom numi pe acelea în care luminozitatea fiecărui punct şi compoziţia spectrală a luminii sînt aceleaşi ca şi în punctele corespunzătoare ale obiectului.

Fiziologic exacte se numesc acele reproduceri în care fiecare punct, după luminozitate şi culoare, vizual nu este diferit de punctul corespunzător al obiectului.

Psihologic exacte sînt acele reproduceri care în condiţii date de observare produc asupra observatorului aceeaşi impresie ca şi observarea obiectului de fotografiat.

Prin urmare, fotografia şi cinematografia alb-negru nu pot să dea nici fizic şi nici psihologic o reproducere exactă a culorii obiectelor, pe cînd fotografia şi cinematografia în culori nu pot să dea reproduceri fizic exacte.

Reproducerea fizic exactă este adeseori şi fiziologic exactă , iar reproducerea fiziologic exactă este şi psihologic exactă, în majoritatea cazurilor. Aceasta nu se întîmplă întotdeauna, întrucît impresia care apare în observarea unui obiect sau a imaginii sale depinde de condiţiile de observare şi în particular de nivelul de adaptare a ochiului şi de fondul pe care se face observarea. S-a remarcat, de exemplu, că zgomotul influenţează asupra percepерii culorilor şi culorile asupra recepţiei sunetelor.

În diferite aplicaţii ale fotografiei şi cinematografiei apare necesitatea reproducerii de diferite tipuri. Astfel, în fotografierea artistică şi cinematcgrafie multe reproduceri sînt determinate de exactitatea psihologică.

În fotografia de documente şi de popularizare ştiinţifică, de exemplu, calitatea a numeroase reproduceri este determinată de exactitatea reproducerii fiziologice. Dar, în numeroase aplicaţii tehnice şi ştiinţifice ale fotografiei şi cinematografiei, este necesară reproducerea fizic exactă a luminozităţilor, dimensiunilor şi formelor corpurilor fizice.

Intr-o serie de cazuri apare necesitatea reproducerii fizice exacte în raport numai cu unul din criterii, şi anume luminozitatea corespunzătoare diferitelor porţiuni ale obiectului. Realizarea reproducerii fizic exacte a luminozităţii prin mijloacele tehnicii actuale nu este posibilă. Se poate atinge însă o aproximare destul de bună a acesteia la numeroase obiecte fotografiate, atît în fotografia alb-negru cît şi în culori.

Reproducerea fiziologică exactă se poate realiza destul de greu, iar cea psihologic exactă relativ uşor.

## 2. Obiectul fotografierii

Obiectul fotografierii, indiferent de caracterul lui, poate fi reprezentat ca o scală de luminozităţi, aşezate la întîmplare, cu trepte de mărimi diferite. Întinderea acestei scale se denumeşte **interval de luminozităţi** al obiectului şi poate fi exprimată prin raportul luminozităţilor limită ale obiectului. O treaptă a scalei de luminozităţi este denumită **detaliu de luminozităţi** şi se exprimă prin raportul luminozităţii celei mai mari la luminozitatea cea mai mică.

Obiectul fotografierii reprezintă în acest fel totalitatea detaliilor de luminozitate. Unele dintre acestea sînt mari şi, în consecinţă, bine vizibile în orice condiţii, dimpotrivă altele sînt mici şi numai un ansamblu de asemenea detalii este preluat de ochiul omenesc ca un singur detaliu. Mărimea celei mai mici luminozităţi care poate fi percepută de ochiul omenesc se denumeşte **prag de separare**. Cu cît acest prag are o valoare mai mică, cu atît ochiul are o acuitate mai bună.

Pragul de separare al ochiului nu este constant, ci depinde de o serie de condiţii. El scade puternic cu luminozitatea şi devine cu atît mai mic cu cît este mai apropiată graniţa dintre două detalii şi creşte puternic la distanţarea acestei graniţe.

Astfel, în diferite părţi ale obiectului, ochiul nostru vede diferit detaliile. În părţile luminoase ale obiectului, diferenţierea detaliilor este cea mai bună, iar în regiunile întunecate ale imaginii, denumite umbre, nu reuşim să sesizăm aşa de bine lipsa detaliilor.

S-a stabilit că, în condiţiile de observare a obiectelor, în natură deosebim în medie următoarele detalii: în regiunile luminoase ale obiectului o,o2 sau diferenţe de luminozitate de cel puţin 5 %. În regiunile de luminozitate medie se pot se-

para detalii de luminozitate de o,o4 sau diferenţe de luminozitate de lo %. În regiunile de luminozitate redusă se pot separa detaliile cu o luminozitate minimă de o,1, care corespunde la diferenţe de luminozitate de 25 % şi mai mult. Valorile menţionate mai sus sînt valabile pentru obiectele statice. Pentru obiectele în mişcare, caz ce apare frecvent în cinematografie, condiţiile de separare sînt şi mai severe.

Diferenţele de luminozitate ale obiectelor sînt condiţionate de două particularităţi, valoarea diferită a luminozităţii şi diferenţele coeficienţilor de reflexie. Intervalul real al luminozităţii se găseşte situat, pentru majoritatea obiectelor, între 1,5 şi 2,5; intervalul fiziologic, subiectiv,de luminozitate, este de obicei mai mic decît cel fizic, real.Intervalul fiziologic al luminozităţii obiectelor în fotografia şi cinematografia artistică poate lua valoarea de 2,5-2,7.

## 3. Imaginea optică în camera de luat vederi

După cum s-a arătat în capitolul I, la fotografiere, cu ajutorul obiectivului aparatului fotografic se formează în camera de luat vederi pe suprafaţa peliculei fotosensibile imaginea optică.

Datorită proceselor parazite care au loc în sistemele optice ale aparatului de fotografiat (absorbţia şi difuzia luminii în obiectiv, filtre şi altele) apare o diferenţă esenţială între proprietăţile fotometrice ale obiectului fotografierii şi imaginii.Astfel, obiectivul care formează imaginea optică devine în acelaşi timp o sursă pentru lumina difuzată. O importanţă deosebită din acest punct de vedere o prezintă şi lumina reflectată pe suprafaţa peliculei. Căzînd pe imaginea

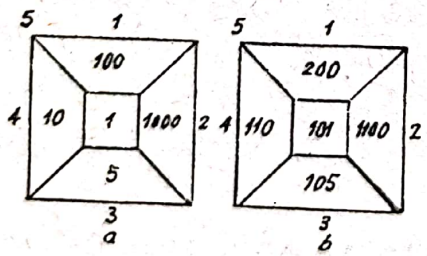



Fig.85.Micşorarea contrastului imaginii optice prin difuzia luminii.

optică a obiectului fotografierii, lumina difuzată provoacă micşorarea detaliilor şi a intervalului de luminozitate a obiectului. Acelaşi rol îl are lumina reflectată.

În figura 85, a este reprezentat un obiect care constă din cinci regiuni de luminozităţi diferite. Cifrele aşezate pe fiecare suprafaţă indică luminozităţile lor relative. Dacă pe toate aceste regiuni se suprapune, datorită luminii difuzate, o luminozitate suplimentară egală cu 100 de unităţi, atunci luminozităţile în diferitele regiuni se vor reprezenta prin cifrele din figura 85,b. După cum rezultă din desenele a şi b, diferenţele absolute dintre diferitele regiuni nu se schimbă. Variaţia detaliilor şi a intervalului de luminozităţi care rezultă este dată în tabela 13.

Tabela 13

Influenţa luminii difuzate asupra variaţiei detaliilor şi a intervalului de luminozităţi

| Porţiunile care formează detaliile | Detalii ale obiectului (fig.1,a) | Detalii ale obiectului (fig.1,b) |
|---|---|---|
| 3-5 | $\lg \frac{5}{1} = 0,7$ | $\lg \frac{105}{101} = 0,017$ |
| 4-5 | $\lg \frac{10}{1} = 1,0$ | $\lg \frac{110}{101} = 0,037$ |
| 1-5 | $\lg \frac{100}{1} = 0,2$ | $\lg \frac{200}{101} = 0,3$ |
| 2-5 | $\lg \frac{1000}{1} = 3$ | $\lg \frac{1100}{101} = 1,035$ |

Datele din tabelă arată micşorarea puternică a detaliilor provocată de difuzia luminii. Detaliile 3 şi 5 sînt foarte bine vizibile în primul caz (fig.85,a) şi sînt aduse la pragul

de vizibilitate în cazul al doilea (fig.85,b). Intervalul de luminozităţi egal cu 3, din figura 85,a, regiunea 2-5 devine 1,037 în figura 85,b. Deci un adaos de lumină difuzată face imaginea mai luminoasă, dar reduce contrastul ei.

Micşorarea contrastului imaginii optice în comparaţie cu contrastul obiectului, condiţionată de difuzia luminii, se măsoară prin coeficientul de pierdere al contrastului la fotografiere ( $\beta_c$). Aceasta reprezintă raportul detaliilor luminoase în imaginea optică ($S_i$) la detaliile corespunzătoare ale obiectului ($S_o$):

$$\beta_c = \frac{S_i}{S_o}.$$

$\beta_c$ are valori diferite în diferite porţiuni ale imaginii; el este mai mare în porţiunile luminoase şi mai mic în regiunile de umbre. El mai depinde de asemenea de obiectivul aparatului de fotografiere, de camera de luat vederi şi de natura obiectului.

Caracterul obiectului imaginii, şi anume intervalul său de luminozităţi, are o importanţă deosebită. Aceasta rezultă din exemplele de mai jos:

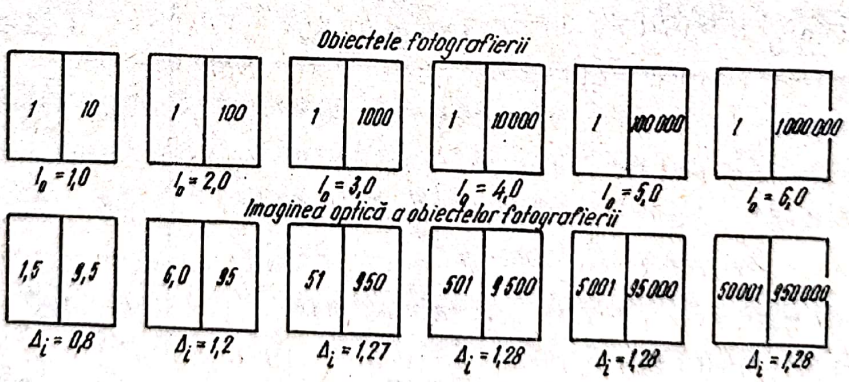



Fig.86. Dependenţa intervalului de luminozităţi al imaginii optice de intervalul de luminozităţi al obiectului.

Să presupunem că se fotografiază cîteva obiecte, fiecare din ele constînd numai din două luminozităţi care ocupă aceleaşi suprafeţe. Să presupunem de asemenea că obiectul difu-
lo % din lumină.În figura 86 sînt date obiectele fotografierii şi imaginile lor optice. Cifrele arată luminozităţile relative ale regiunilor.

După cum se vede din calcul într-un caz dat, intervalul de luminozităţi al imaginii optice nu poate fi mai mare de 1,3, indiferent de intervalul real al obiectului fotografic.

O mărire importantă a intervalului de luminozităţi se realizează prin micşorarea dimensiunii luminozităţilor mari ale obiectului. S-a observat că intervalul de luminozitate al imaginii poate să atingă valori mari la fotografierea obiectelor cu porţiuni mici de luminozitate mare, ca, de exemplu, planele generale de seară sau de noapte.

La fotografierea unui obiect cu un interval mare de luminozitate, imaginea optică redă întotdeauna într-un mod distorsionat detaliile şi intervalul de luminozitate al obiectului. Intervalul de luminozitate al imaginii este întotdeauna mult mai mic decît intervalul de luminozitate al obiectului, niciodată nu depăşeşte 2,o-2,3 şi se situează de obicei între 1,3 şi 1,5.

Imaginea optică a obiectului redă aproape întotdeauna un număr mai mic de detalii de luminozitate decît există în obiect. Micşorarea detaliilor de luminozitate ale obiectului devine foarte importantă pentru porţiunile întunecate ale obiectului. La fotografierea obiectelor cu dimensiuni mici ale porţiunilor de luminozitate mare, imaginea optică, din punctul de vedere al luminozităţilor, este apropiată de obiect.

La fotografierea obiectelor colorate, culoarea imaginilor optice este de asemenea întotdeauna deformată în raport cu culorile obiectului. Deformarea culorii este condiţionată de aceleaşi cauze ca şi distorsionarea distribuţiei luminozităţilor. Gradul de distorsionare al culorilor este

determinat de influenţa difuziei luminii asupra culorii imaginii optice. Datorită contribuţiei luminii difuzate, toate culorile devin mai nesaturate într-un caz dat.

## 4. Imaginea fotografică negativă

Imaginea optică a obiectului fotografierii, formată de obiectivul aparatului fotografic pe suprafaţa stratului foto - sensibil, se transformă în imagine fotografică negativă, prin procesul de prelucrare chimică.

În cele de mai jos vom discuta cîteva aspecte calitative şi cantitative ale redării imaginilor prin procesul negativ. Să reprezentăm într-un grafic, figura 87, curba de variaţie a densităţii imaginii pe negativ, în funcţie de luminozitatea imaginii optice, lg B. Să presupunem că un detaliu de luminozitate al imaginii optice este reprezentat în figura 87 prin segmentul

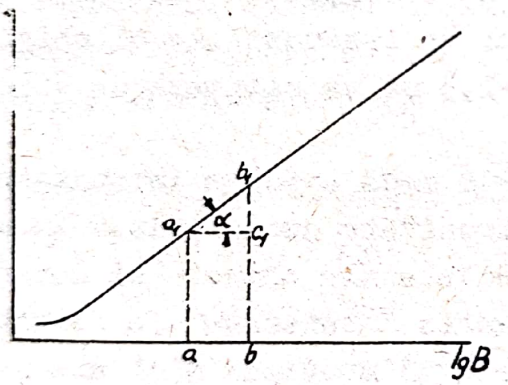



Fig.87. Curba de variaţie a densităţii pe negativ în funcţie de luminozităţile imaginii optice, pentru o imagine alb-negru.

ab, pe axa expunerii, lg B. Luminozitatea mare, al cărui logaritm este egal cu b, va fi redat pe negativ prin densitatea $b_1$, iar luminozitatea mică, a, prin $a_1$. Astfel, detaliul de luminozitate ab va fi redat pe negativ prin diferenţa densităţi, $a_1b_1$, pe care o numim detaliu de densitate şi o însemnăm prin $\delta_n$. Din triunghiul $a_1b_1c_1$ rezultă că $b_1c_1=a_1c_1 \operatorname{tg}\alpha$. Dar:

$$b_1c_1 = \delta_n;$$
$$a_1c_1 = \delta_i;$$
$$\operatorname{tg}\alpha = \gamma_n;$$

prin urmare:

$$\delta_n = \delta_i \ \gamma_n = \delta_o \ \beta_c \ \gamma_n. \qquad (1)$$

Din această relaţie rezultă că detaliul de înnegrire al negativului este egal cu detaliul de luminozitate optică înmulţit cu coeficientul de contrast, $\gamma_n$, al negativului. Dacă detaliul de înnegrire nu se află pe porţiunea rectilinie a curbei caracteristice, se ia în consideraţie în locul lui $\gamma$ gradientul curbei caracteristice, în punctul respectiv.

Din relaţia de mai sus care stabileste legătura dintre intervalul de luminozităţi al obiectului şi al imaginii negative, se pot trage o serie de concluzii. Rezultă că la $\gamma_n < 1$, intervalul de densităţi al negativului este mai mic decît intervalul de luminozităţi al imaginii. La $\gamma_n = 1$, cele două intervale de luminozităţi sînt egale, iar la $\gamma_n > 1$, intervalul de luminozităţi al imaginii este mai mare şi creşte cu contrastul.

Practic, la reproducerea unei imagini avem de-a face cu o gamă de detalii de luminozităţi, deci trebuie să se aibă în vedere de fapt limitele intervalului de luminozităţi.

Dacă imaginea optică se găseşte nu numai pe porţiunea rectilinie a curbei caracteristice, ci ocupă şi o porţiune din domeniul regiunilor de subexpunere şi supraexpunere, aceleaşi intervale de luminozitate care sînt aşezate în diferite regiuni ale curbei caracteristice vor fi redate diferit, respectiv prin intervale de densităţi diferite. Aceasta se vede în figura 88, de unde rezultă că pentru aceleaşi intervale de luminozitate, intervalul de densităţi se restrînge atunci cînd expunerea se situează în porţiunea de subexpunere sau în cea de supraexpunere a curbei caracteristice.

La fotografierea pe materiale color cu mai multe straturi fotosensibile, folosirea porţiunilor iniţiale şi finale ale curbei caracteristice duce la distorsionarea culorilor. La folosirea porţiunii de subexpunere a curbei caracteristice în acest caz apare o dominantă de culoare, în tonul acelei culori unde a fost folosită porţiunea iniţială a curbei (fig.89). La folosirea porţiunii finale a curbei, regiunea de supraexpunere, apare o

dominantă de culoare în tonul stratului elementar a cărei curbă caracteristică intră în discuţie.

O reproducere corectă a culorilor pe materiale cu straturi suprapuse are loc numai atunci cînd, la orice expunere, gradientele densităţilor efective ale celor trei straturi sînt egale. Prin gradient al densităţii se înţelege diferenţa densităţilor. În caz contrar apar deformaţii gradate ale reproducerii în culori.

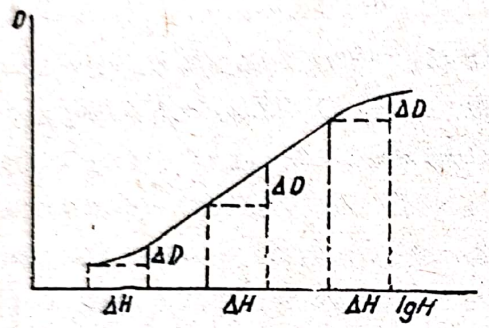



Fig.88. Variaţia intervalului de densităţi pe imaginea negativă în funcţie de poziţia detaliilor de luminozitate pe curba caracteristică.

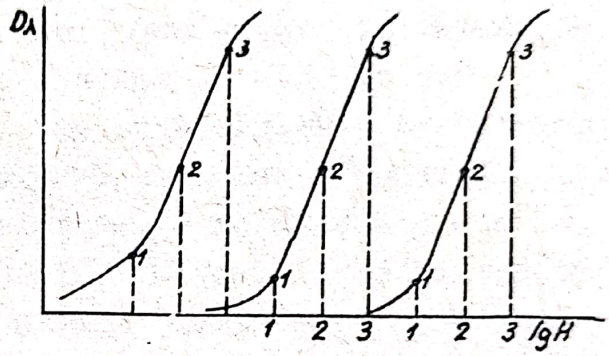



Fig.89. Curba de variaţie a densităţii pe un negativ în funcţie de tonurile şi luminozităţile imaginii optice pentru o imagine în culori.

Imaginea negativă color se distorsionează şi datorită imperfecţiunilor de culoare ale coloranţilor. Majoritatea acestora prezintă absorbţii parazite, de exemplu coloranţii de albastru şi magenta în regiunea de albastru-violet.

## 5. Imaginea fotografică pozitivă

Ca rezultat al procesului fotografic pozitiv apare imaginea fotografică pozitivă. Modulatorul de expunere la copiere, operaţia de obţinere a pozitivului, este negativul. Variaţiile de densitate ale negativului cauzează o variaţie propor-

ţională a logaritmului expunerii pozitivului. Această situaţie dă posibilitatea să se poată găsi uşor relaţiile care leagă intervalul de densităţi şi detaliile de densitate ale imaginii pozitive de caracteristicile corespunzătoare ale imaginii negative. Să reprezentăm un grafic al imaginii pozitive în care să luăm pe axa absciselor logaritmul expunerii, iar pe axa ordonatelor - densitatea pozitivului (fig.9o). Să presupunem un detaliu de înnegrire ba, format din densităţile b şi a ale negativului. După cum rezultă din grafic, densităţile a şi b ale negativului vor fi redate prin densităţile pozitivului $a_1 b_1$, iar

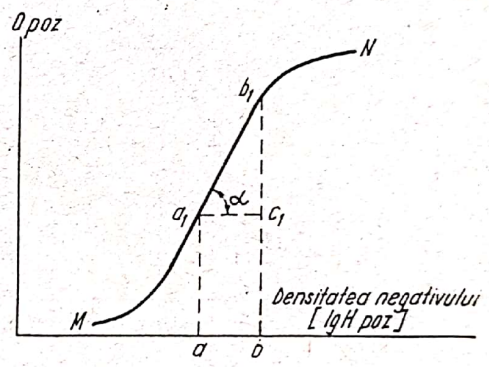



Fig.9o. Curba de variaţie a densităţii imaginii pe pozitiv în funcţie de densitatea imaginii negative.

intervalul de luminozităţi al negativului, ba, prin intrevalul de luminozităţi $b_1 c_1$. Din triunghiul $a_1 b_1 c_1$ se vede că:

$$b_1 c_1 = a_1 c_1 \operatorname{tg} \alpha \; ;$$
$$b_1 c_1 = \delta_{poz.} \; ; \; a_1 c_1 = ab = \delta_n \; ; \qquad (2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \gamma_{poz.} \; ;$$
$$\delta_{poz} = \delta_n \cdot \gamma_{poz} \; . \qquad (3)$$

Rezultă de aici că intervalul de înnegriri al pozitivului este egal cu intervalul de înnegriri al negativului, înmulţit cu $\gamma$ al pozitivului.

Dacă intervalul se află în regiunea de subexpunere sau de supraexpunere a curbei caracteristice, în relaţia de mai sus, în locul coeficientului de contrast al pozitivului se ia gradientul curbei caracteristice în punctul respectiv.

La copierea pozitivelor, totdeauna se întrebuinţează toată regiunea de subexpunere a curbei caracteristice a materialului pozitiv.

## 6. Graficul reproducerii tonurilor şi semitonurilor

Modul în care sînt redate pe pozitiv intervalul de luminozitate al obiectului şi intervalul de densităţi al negativului se poate analiza în graficul de reproducere al semitonurilor, dat în figura 91. Acest grafic prezintă aspecte diferite, după cum se ia în consideraţie şi difuzia luminii în camera de luat vederi, sau după cum se folosesc toate porţiunile curbei caracteristice sau numai porţiunea rectilinie.

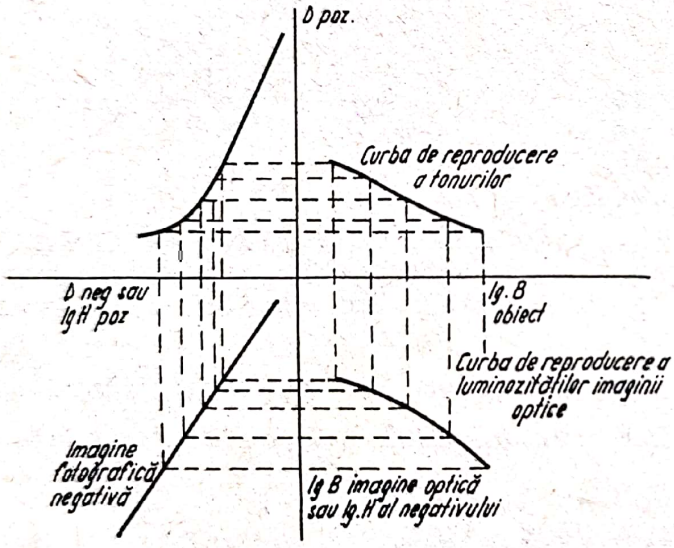



Fig.91. Graficul reproducerii tonurilor pentru cazul cînd are loc difuzia luminii în camera de luat vederi ($B_c < 1$) şi cînd în procesele negativ şi pozitiv se folosesc numai porţiunile rectilinii ale curbei caracteristice.

S-a arătat mai sus că la folosirea porţiunilor nerectilinii ale curbei caracteristice distorsionează reproducerea detaliilor de luminozitate ale imaginii respective. Din acest punct de vedere s-ar părea că ar trebui să se tindă spre folosirea numai a porţiunii rectilinii a curbei caracteristice. Aceasta însă atrage după sine lipsa micilor densităţi de imagine pe pozitiv şi o creştere importantă a granulaţiei. Pe de altă parte, după cum rezultă din figura 92, folosirea porţiu-

nii iniţiale a curbei caracteristice a pozitivului îmbunătăţeşte reproducerea tonurilor pe pozitiv, îndreptînd curba de reproducere a tonurilor din figura 92. Îndreptarea curbei are loc datorită micşorării detaliilor din imaginea pozitivă în regiunile de luminozitate mare. În acest fel, detaliile de lu-

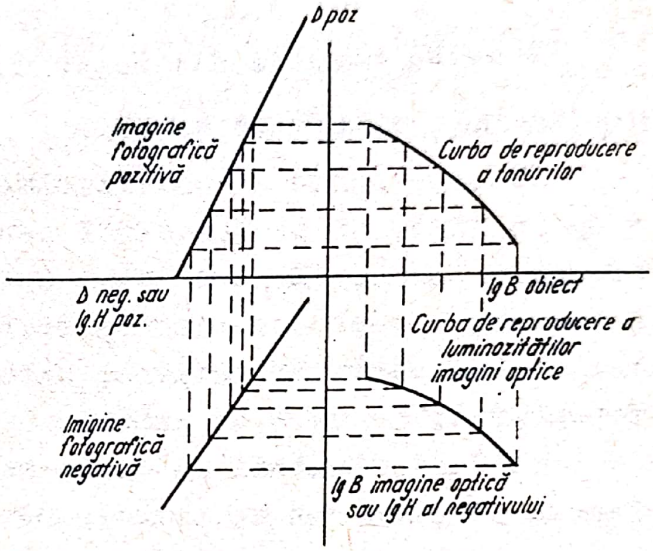



Fig.92. Graficul reproducerii tonurilor pentru cazul cînd are loc difuzia luminii în camera de luat vederi şi se foloseşte şi regiunea de subexpuneri a curbei caracteristice a pozitivului.

minozitate vor fi relativ aceleaşi pentru porţiunile luminoase şi cele întunecate ale imaginii ( $\delta_{poz}/\delta_o$), acelaşi pentru tot intervalul de luminozităţi.

În consecinţă, folosirea porţiunii iniţiale a curbei caracteristice a materialului fotosensibil pozitiv deformează reproducerea tonurilor pozitive ale imaginii optice în camera de luat vederi, dar îmbunătăţeşte reproducerea tonurilor obiectului pe pozitiv.

La copierea pozitivelor în culori trebuie îndeplinită condiţia de deplină egalitate a gradientului densităţilor vizual echivalente pe curbele celor trei straturi.

Mai sus s-au stabilit relaţiile de legătură între detaliile de luminozitate ale imaginilor negative şi pozitive şi coeficientul de contrast al acestora. Pe baza acestora se poate stabili o relaţie între detaliile de luminozitate ale imaginii optice în camera de luat vederi şi detaliile de înnegrire ale pozitivului:

$$\delta_i = \delta_n \gamma_n \gamma_{poz}. \qquad (4)$$

Această relaţie arată că produsul coeficienţilor de contrast ai celor două imagini, $\gamma_n \cdot \gamma_{poz}$, joacă rolul de factor care determină variaţia mărimii detaliilor şi a intervalului de luminozităţi al imaginii optice în procesul de prelucrare chimică. Dacă $\gamma_n \cdot \gamma_{poz} > 1$, înseamnă că contrastul imaginii creşte în procesul de prelucrare. Dacă $\gamma_n \cdot \gamma_{poz} < 1$, rezultă că contrastul se micşorează.

Relaţia dintre mărimile detaliilor şi intervalul de luminozitate al obiectului şi mărimea detaliilor înnegririlor în pozitiv şi negativ este de forma:

$$\delta_{poz} = \delta_o \; \beta_c \; \gamma_n \; \gamma_{poz} \cdot \qquad (5)$$

Aceasta rezultă din relaţiile (1) şi (4) de mai sus.

## 7. Imaginea optică pe ecran

Într-o serie de cazuri, imaginea pozitivă nu este un scop în sine, ci se foloseşte pentru obţinerea unei imagini optice pe ecran. La proiectarea imaginii pe ecran are loc o deformare a reproducerii tonurilor, ca rezultat al difuziei luminii de către obiectiv şi sală, pe de o parte, şi stratul fotografic, pe de altă parte.

Difuzia luminii de către obiectiv şi sală conduce la faptul că pe ecran se acumulează lumina difuzată. Aceasta duce la micşorarea detaliilor şi a intrevalului de luminozitate a imaginii optice şi prin urmare şi a contrastului. Cele mai mari variaţii au loc în porţiunile întunecoase şi cele mai mici în porţiunile luminoase. Coeficientul de pierdere al contrastului la proiectare, $\beta_p = \frac{\delta_e}{\delta_{poz.}}$, variază în funcţie de detaliile de luminozitate ale obiectului şi porţiunile sale întunecate.

Difuzia luminii de către strat duce la faptul că înnegrirea şi detaliile sale se măresc. Coeficientul de mărire al densităţilor datorită luminii difuzate, Q, este neuniform în diferite puncte ale imaginii. El este foarte mare pentru porţiunile luminoase şi se micşorează la creşterea densităţii imaginii pozitive proiectate.

Ambii factori menţionaţi mai sus trebuie luaţi în seamă la determinarea dependenţei mărimii detaliilor şi a intervalului de luminozitate în imaginea optică pe ecran ($\delta_e$). Această dependenţă va fi dată de relaţia:

$$\delta_e = \delta_{poz} \cdot \beta_{repr.} \, Q \qquad (6)$$

sau, înlocuind aici valoarea lui $\delta_{poz}$ din relaţia (5), obţinem dependenţa detaliilor de luminozitate pe ecran, $\delta_e$, de detaliile de luminozitate în obiect:

$$\delta_e = \delta_o \quad \beta_c \quad \gamma_n \gamma_{poz} \beta_{repr.} Q. \qquad (7)$$

În cazul cînd în reproducere se folosesc porţiunile nerectilinii ale curbei caracteristice, valorile coeficienţilor de contrast se înlocuiesc cu gradientul curbei caracteristice. Relaţia (7) devine în acest caz:

$$\delta_e = \delta_o \quad \beta_c g_n g_{poz} \quad \beta_{poz} \cdot Q.$$

Dependenţa lui $\delta_e$ de $\delta_{poz}$ exprimată prin relatia (6) nu dă posibilitatea decît într-un mod foarte aproximativ să se aprecieze mărimea detaliilor de luminozitate pe ecran în funcţie de mărimea acestora pe pozitiv. Produsul $\beta_{repr} \cdot Q$ variază în funcţie de mărimea detaliului dat pe pozitiv, densitatea pozitivului, granularitatea imaginii, natura obiectului, condiţiile de proiecţie.

Dacă ultimii factori pot fi standardizaţi, ceilalţi factori variază de la pozitiv la pozitiv şi chiar în interiorul aceluiaşi pozitiv, de la un detaliu la altul.

Intervalul de luminozitate pe ecran este de obicei mai mare decît intervalul de înnegriri ale pozitivului, dacă acesta din urmă nu este prea mare (0,8-1,2), şi mai mic decît intervalul de înnegriri al pozitivului cînd acesta este apropiat de 2.

## 8. Reproducerea în procesul fotografic real

Valorile atinse în practică pentru $\beta_c$, $\beta_{repr.}$, Q şi g sau $\gamma$ exclud posibilitatea unei reproduceri fizic exacte a detaliilor şi a intervalului de luminozitate. De asemenea, în ceea ce priveşte reproducerea imaginilor în culori, însuşi

principiul de obţinere a imaginilor în culori cu ajutorul unui număr limitat de culori exclude posibilitatea unei redări fizice corecte a proprietăţilor spectrale ale obiectului.

Reproducerea fiziologică exactă a proprietăţilor de gradaţie a semitonurilor la obiectele cu un interval de luminozităţi nu prea întins este posibilă. Trebuie luate totuşi o serie de măsuri în practică pentru a realiza aceasta. Reproducerea fiziologic exactă a caracteristicilor de culoare ale obiectelor este însă o problemă mai dificilă.

Reproducerea psihologic exactă pentru majoritatea obiectelor de fotografiat, alb-negru sau colorate, nu poate fi obţinută fără greutăţi deosebite. Se întîmplă deseori ca o reproducere fiziologic exactă să nu fie în acelaşi timp şi psihologic exactă dacă originalul şi reproducerea se vizionează în condiţii diferite.

## 9. Particularităţile de prelucrare a materialelor fotografice legate de reproducerea semitonurilor

Prelucrarea materialelor fotografice şi cinematografice influenţează asupra redării tonurilor şi a semitonurilor, determinînd pe $\gamma_n$ şi $\gamma_p$, şi, prin urmare, mărimea detaliilor în semitonuri şi umbre pe reproducere.

Prelucrarea chimică determină proporţionalitatea reproducerii detaliilor de luminozitate printr-o folosire mai largă sau mai restrînsă a porţiunii iniţiale a curbei caracteristice. Particularităţile prelucrării chimice fotografice se răsfrîng asupra deformării gradaţiei semitonurilor, a reproducerii culorilor. Pe de altă parte trebuie avut în vedere că tehnica de copiere determină în mare măsură calitatea imaginii, respectiv reproducerea detaliilor de luminozitate aproape de pragul de separaţie.

În funcţie de faptul dacă reproducerea trebuie să fie fizic sau fiziologic exactă, la prelucrare trebuie să se ur-

mărească obţinerea anumitor valori ale coeficientului de contrast sau respectiv ale gradientului curbei caracteristice,g, pentru imaginea pozitivă şi negativă, în funcţie de valorile lui $\beta_c$. Pentru imaginea fotografică, în cazul de mai sus,trebuie îndeplinită condiţia:

$$\beta_c g_n \cdot g_{poz} = 1.$$

La imaginile fotografice în culori, această condiţie trebuie îndeplinită pentru fiecare monocrom în parte.

Pentru asigurarea unei reproduceri fizic sau fiziologic exacte a imaginilor proiectate pe ecran trebuie îndeplinită condiţia:

$$\beta_c g_n g_{poz} \cdot \beta_{repr.} Q = 1.$$

În cazul reproducerilor psihologic exacte, asemenea relaţii nu sînt obligatorii.

# Partea a doua

# TEHNOLOGIA PRELUCRĂRII PELICULEI

Scanned with OKEN Scanner

## NOȚIUNI INTRODUCTIVE

Producția și în special difuzarea filmelor cinematografice necesită cantități uriașe de peliculă de diverse sorti - mente.

Toată această peliculă cinematografică, începînd cu pelicula negativă pe care se filmează și terminînd cu pelicula pozitivă pe care se realizează copiile standard de tiraj, se prelucrează în mari laboratoare specializate.

Laboratoarele pentru prelucrarea peliculei sînt unități de producție complexe care realizează toate lucrările necesare pentru ca filmele, după executarea filmărilor, a montajului pozitiv și a sonorizării, să poată fi prezentate în rețeaua cinematografică internă și peste hotare.

În funcție de genul lucrărilor executate există trei categorii de laboratoare de prelucrare a peliculei:

- Laboratoare pentru deservirea studiourilor cinematografice (denumite uneori incorect laboratoare "de creație").
- Laboratoare de tiraj, care execută copiile pozitive de serie pentru rețea.
- Laboratoare mixte, care efectuează ambele genuri de lucrări ("creație și tiraj").

Din partea laboratoarelor ce deservesc studiourile se cere în primul rînd operativitate maximă în prelucrarea materialelor provenite de la echipele de filmare. De aceea, întotdeauna există rezerve de capacitate.

Laboratoarele de tiraj sînt de obicei întreprinderi separate, cu producție organizată pe principii industriale și în care primează eficiența economică. Capacitatea de producție este folosită la maximum.

Laboratoarele prelucrează un mare număr de tipuri de peliculă alb-negru și color (negative, pozitive, pelicule pentru contratipare etc.).

Scanned with OKEN Scanner

Uneori, pe acelaşi tip de peliculă se execută mai multe sortimente de lucrări. Din aceste motive, sortimentele de lucrări sînt foarte numeroase, fiecare dintre ele avînd un proces tehnologic de realizare aparte.

Procesele tehnologice se compun dintr-o serie de operaţii care se execută în lanţ, de la lansarea comenzii şi pînă la terminarea produsului finit.

Laboratoarele de prelucrare sînt formate din ateliere care efectuează un anumit gen de lucrări asupra peliculei sau execută operaţii de control şi de menţinere a proceselor şi utilajelor în perfectă stare de funcţionare.

În cele ce urmează vom enumera pe scurt principalele sarcini ale atelierelor dintr-un laborator pentru prelucrarea peliculei.

Atelierul de developaj efectuează developarea tuturor peliculelor. Pentru fiecare tip de peliculă există o maşină de developat aparte.

Atelierul de copiaj execută copierea imaginii şi a sunetului pe anumite filme, pe peliculă virgină.

Copierea se face cu ajutorul unor maşini complexe,de mare productivitate.

Atelierul de montaj negativ execută montarea negativelor de imagine în conformitate cu copia pozitivă montată de către realizatorii filmului.

Aici se sincronizează negativul de imagine cu negativul de sunet.

Atelierul de etalonaj determină condiţiile de copiere pentru toate lucrările alb-negru şi color, în funcţie de caracteristicile materialului primar şi ale peliculei virgine şi de performanţele procesului tehnologic.

Atelierul de montaj-pregătire pregăteşte materialele primare şi pelicula virgină pentru operaţia de copiere.

Atelierul de preparare a soluţiilor asigură maşinile de developat cu soluţii proaspete de prelucrare.

Laboratorul de chimie realizează controlul chimic al soluţiilor din maşinile de developat şi al soluţiilor de compensare.

Atelierul de sensitometrie asigură controlul sensitometric al proceselor de developare şi fixează parametrii de developare pentru diferitele tipuri de peliculă.

Controlul tehnic de calitate controlează pe ecranele de protecţie şi la masa de montaj toată producţia realizată.

Atelierul electromecanic de întreţinere efectuează întreţinerea curentă şi reviziile generale ale tuturor utilajelor din laborator.

În acest manual se vor da noţiunile de bază ale tehnologiei prelucrării peliculelor cinematografice, precum şi principalele caracteristici tehnice ale celor mai importante utilaje ce se întrebuinţează în acest scop.

## Capitolul X

## TEHNICA DEVELOPĂRII PELICULELOR ALB-NEGRU ŞI COLOR

### A. Generalităţi despre developare

Peliculele cinematografice expuse în timpul filmărilor (în aparatele de luat vederi) sau în timpul proceselor de copiere (în maşinile de copiat) sînt supuse prelucrării chimico-fotografice, adică procesului de developare.

Rolul developării este, după cum se ştie, de a transforma imaginea latentă într-o imagine vizibilă şi stabilă.

Procedeele de developare constau dintr-o succesiune de faze diferite ( revelare, fixare, spălare etc.), fiecare avînd un rol bine determinat.

În practică se utilizează un mare număr de procedee de developare, care diferă între ele prin fazele, durata lor şi reţetele soluţiilor utilizate.

Procedeele de developare se pot clasifica în primul rînd după n a t u r a c o n s t i t u e n ţ i l o r din care este formată imaginea peliculei prelucrate. Din acest punct de vedere deosebim:

- procedee de developare alb-negru;
- procedee de developare color.

La peliculele alb-negru, imaginea este formată din granule de argint metalic, iar la cele color - din coloranţi.

O a doua clasificare a procedeelor de developare se face în funcţie de c ă i l e d e o b ţ i n e r e a i m a g i n i i u t i l e (într-o singură etapă sau în două). În conformitate cu această clasificare vom avea:

- procedee de developare negativ-pozitiv (în două etape);
- procedee reversibile de developare (într-o singură etapă).

Procedeele de developare în două etape (negativ-pozitiv), deşi durează mai mult, au căpătat o largă întrebuinţare în cinematografia profesională, deoarece asigură cu uşurinţă realizarea tirajului de copii pentru reţea.

Prin procedeele reversibile se prelucrează pelicule speciale provenite de la filmare (se obţine direct o imagine pozitivă) şi de la copiere (se obţine acelaşi tip de imagine ca şi imaginea materialului de pe care se copiază).

Aceste procedee se folosesc mai mult în televiziune şi în cinematografia pentru amatori.

Majoritatea fazelor procedeelor de developare, indiferent de natura lor (alb-negru, color, reversibile, negativ-pozitiv) sînt comune.

Procesele de revelare, fixare, spălare şi uscare sînt prezente în toate procedeele de developare. Acest fapt a creat condiţii ca developarea mecanizată a peliculelor cinematogra-

fice să poată fi realizată în mașini construite pe un principiu unic de funcționare, iar tehnologia și controlul prelucrării să poată fi organizate pe aceleași baze.

B. Tehnica procesului de revelare

Procesul de revelare este cea mai importantă fază a tuturor procedeelor de developare. În timpul revelării iau naștere, în straturile de emulsie ale peliculelor, constituenții imaginii fotografice, adică argintul metalic în imaginea alb-negru și argintul urmat de coloranți în imaginea color.

De modul în care se desfășoară procesul de revelare depind în cea mai mare măsură principalele proprietăți sensitometrice (sensibilitate, contrast, voal etc.) și structurale (granulație, putere rezolvantă, claritate etc.).

Aceste proprietăți ale imaginii sînt determinate atît de factorii chimici (substanțe chimice ce intră în compoziția soluției de revelator), cît și de factorii fizici (durata revelării, temperatura, agitarea și starea fizică a soluției de revelator).

1. Factorii chimici care determină viteza și rezultatele procesului de revelare

a. Compoziția soluției de revelator. Soluțiile de revelator utilizate în practică sînt soluții complexe ce conțin una sau două substanțe revelatoare, substanțe protectoare, substanțe alcaline și substanțe antivoal (săruri solubile ale halogenilor).

Aceste substanțe sînt prezente în compoziția oricărei soluții de revelator.

În unele soluţii de revelator se mai introduc şi alte substanţe. Astfel, pentru limitarea umflării gelatinei, în revelator se introduce uneori sulfat de sodiu, iar pentru a mări solubilitatea cristalelor de bromură de argint se adaugă mici cantităţi de rodanură de potasiu.

Toate substanţele ce intră în compoziţia soluţiilor de revelator participă direct sau influenţează într-o măsură mai mică sau mai mare desfăşurarea reacţiilor chimice ce se produc în timpul revelării.

b. Substanţe revelatoare. Din numărul mare de substanţe revelatoare cunoscute, numai cîteva au căpătat o întrebuinţare mai largă pentru developarea peliculelor cinematografice. De exemplu: metol, hidrochinonă şi fenidon pentru revelatorii alb-negru şi sulfatul de dietilparafenilendiamină şi substanţele $CD_2$ şi $CD_3$ ale firmei Kodak, pentru revelatorii color.

Substanţa revelatoare participă direct la reacţiile chimice ale revelării. Viteza de revelare este direct proporţională cu concentraţia substanţelor revelatoare în soluţia de revelator.

Din această cauză, concentraţiile substanţelor revelatoare trebuie menţinute în limite constante, în special la revelatorii color.

În exploatare trebuie să se ţină seama de faptul că substanţele revelatoare se oxidează destul de puternic sub acţiunea oxigenului din aer. Deşi oxidarea în cazul revelării alb-negru este limitată de acţiunea protectoare a sulfitului de sodiu, iar la color şi de a hidroxilaminei, ponderea ei este totuşi însemnată.

Oxidarea cea mai puternică se poate produce la substanţa $CD_3$ şi la dietilparafenilendiamină.

Prin oxidare, concentraţia substanţelor revelatoare scade, ceea ce provoacă o diminuare a activităţii chimico-fotografice a soluţiei de revelator, o polimerizare a produşilor de oxidare şi formarea precipitatelor de compuşi organici care impurifică soluţiile.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru ca oxidarea să influenţeze într-o măsură mai redusă stabilitatea soluţiei de revelator, se recomandă ca maşinile de developat să funcţioneze cu întreruperi cît mai mici, realizîndu-se o bună încărcare cu peliculă a acestora.

După cum se ştie, viteza de revelare depinde în mare măsură de pH-ul soluţiei şi de concentraţia ionilor de brom (de conţinutul în bromură). În exploatarea industrială a diferitelor soluţii de revelator trebuie să se cunoască faptul că substanţele revelatoare se comportă în mod diferit la modificările de pH şi de concentraţie a bromurii.

Astfel, viteza de revelare a hidrochinonei este cel mai mult influenţată de schimbarea pH-ului. Cantitativ, influenţa pH-ului asupra efectului fotografic se poate exprima prin raportul $\frac{\triangle D}{\triangle pH}$, în care $\triangle D$ este modificarea densităţii optice, iar $\triangle pH$ este diferenţa de pH ce a provocat efectul $\triangle D$. La hidrochinonă, acest raport $\frac{\triangle D}{pH} \cong 3,5$. Acţiunea metolului depinde mai puţin de pH, raportul $\frac{\triangle D}{\triangle pH}$ fiind egal cu 1,o. La revelatorii color, influenţa pH-ului asupra rezultatului revelării este substanţială.

În figura 93 sînt redate curbele dependenţei densităţii optice de pH-ul soluţiei de revelator pentru diferite substanţe revelatoare.

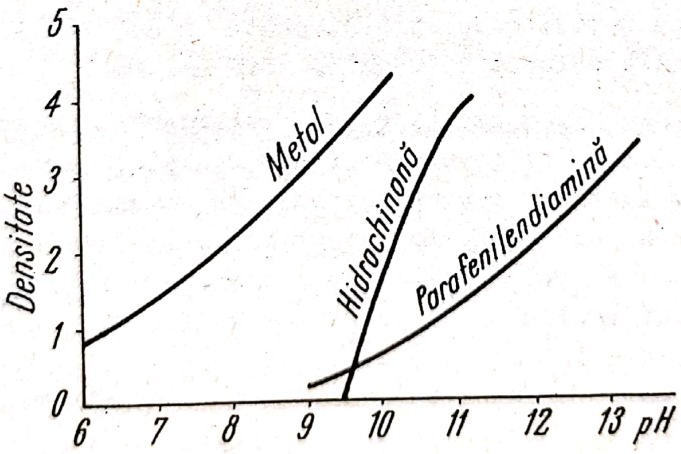



Fig.93. Curbele dependenţei densităţii optice de pH-ul soluţiei de revelator pentru diferite substanţe revelatoare.

În ceea ce priveşte acţiunea de frînare a reacţiei de revelare pe care o are creşterea concentraţiei ionilor de brom, se constată de asemenea diferenţe între substanţele revelatoare. Astfel, activitatea metolului este cel mai mult încetinită de creşterea concentraţiei bromurii. Hidrochinona este mai puţin sensibilă faţă de ionii de brom, iar la fenidon această sensibilitate este şi mai scăzută.

Deosebirile de comportare a substanţelor revelatoare faţă de pH şi faţă de ionii de brom au o importanţă practică deosebită. Astfel, la utilizarea revelatorilor cu hidrochinonă şi a revelatorilor color, pH-ul soluţiilor trebuie să se menţină cu rigurozitate. La revelatorii cu metol, controlul şi menţinerea concentraţiei de bromură este necesar să se efectueze cu o atenţie mult mai mare decît la revelatorii color şi la cei cu fenidon.

Unele substanţe revelatoare uzuale au o acţiune toxică accentuată asupra persoanelor care le manipulează . În special, dietilparafenilendiamina provoacă iritaţii şi eczeme ale pielii, însoţite uneori de stări alergice. Se semnalează de asemenea apariţia unor eczeme ca urmare a acţiunii metolului.Pentru combaterea toxicităţii se recomandă evitarea contactului cu aceste substanţe sau cu soluţiile lor.

Dacă totuşi contactul nu poate fi evitat, mîinile trebuie spălate cu o soluţie diluată de acid acetic.

c. <u>Substanţe alcaline</u> (acceleratoare). Se ştie că majoritatea substanţelor revelatoare pot reacţiona numai în mediu alcalin. Capacitatea lor de revelare se accentuează pe măsură ce creşte pH-ul soluţiei. În scopul obţinerii pH-ului optim,în soluţiile de revelator se introduc anumite substanţe alcaline,care datorită acţiunii lor poartă denumirea de s u b s t a n ţ e a c c e l e r a t o a r e.

La metol şi hidrochinonă, o dată cu mărirea pH-ului,creşte şi gradul de disociere al moleculelor în anioni activi din punct de vedere fotografic. La dietilparafenilendiamină,fenome-

nul este invers: cationii, fără putere de revelare, trec în molecule nedisociate, care acţionează ca reducătoare ale argintului.

În funcţie de pH-ul la care trebuie să lucreze revelatorul, se utilizează de obicei ca substanţe alcaline una din următoarele substanţe:

- borax ($Na_2B_4O_7$), pH = 8-9,5;
- carbonat de sodiu sau potasiu ($Na_2CO_3$, $K_2CO_3$), pH = 9,o-11,o ;
- hidroxid de sodiu sau hidroxid de potasiu pH = 11,o-13,o (NaOH, KOH).

Viteza de revelare depinde de tipul şi de concentraţia substanţei alcaline. Creşterea concentraţiei substanţei alcaline măreşte viteza de revelare la început în mod rapid, apoi mai lent, pînă cînd aceasta atinge o valoare maximă ce rămîne în continuare la nivel constant.

În principiu, substanţele alcaline se pot înlocui între ele, în concentraţii care să asigure acelaşi pH. În tabela 14 sînt date concentraţiile pe care trebuie să le aibă hidroxizii şi carbonaţii de sodiu şi potasiu pentru a obţine aceleaşi valori ale pH-ului.

Un criteriu deosebit de important în alegerea substanţelor alcaline îl constituie proprietatea acestora de a menţine stabilitatea activităţii revelatorilor prin aşa-numita c a p a c i t a t e - t a m p o n.

Capacitatea - tampon reprezintă acţiunea unui cuplu de substanţe (de obicei o bază şi un acid) de a asigura menţinerea pH-ului, la mici adaosuri de baze sau de acizi. În cazul concret al substanţelor acceleratoare, carbonaţii şi boraxul posedă o capacitate-tampon superioară hidroxizilor.

La carbonaţi, cuplul este format din baza respectivă ($Na_2CO_3$ sau $K_2CO_3$) şi bicarbonatul corespunzător ($NaHCO_3$ sau $KHCO_3$) ce ia naştere prin acţiunea acidă a substanţelor revelatoare. Boraxul face cuplu cu acidul boric care este introdus în mod special.

Tabela 14

Cantităţile comparative de substanţe alcaline necesare pentru realizarea aceluiaşi pH (10,6-10,7) într-un revelator cu metol

| Denumirea substanţei alcaline | Formula chimică | pH | Cantitatea în g/l |
|---|---|---|---|
| Carbonat de potasiu | $K_2CO_3$ | 10,7 | 27,60 |
| Carbonat de sodiu | $Na_2CO_3$ | 10,6 | 21,20 |
| Hidroxid de potasiu | KOH | 10,7 | 1,36 |
| Hidroxid de sodiu | NaOH | 10,6 | 0,63 |

Carbonaţii şi boraxul, care au o capacitate-tampon superioară, asigură o bună stabilitate a revelatorilor. Nu acelaşi lucru se poate spune despre revelatorii cu hidroxizi care se epuizează repede datorită scăderii rapide a pH-ului.

În concluzie, pentru activitatea practică de laborator se impune, în primul rînd, urmărirea atentă a evoluţiei pH-ului revelatorilor. Trebuie menţionat că pH-ul depinde nu numai de substanţele acceleratoare, ci şi de alte substanţe (revelatoare, sulfit etc.) care nu sînt neutre.

d. Substanţe protectoare. În toate soluţiile de revelator se introduce o anumită cantitate de sulfit de sodiu ($Na_2SO_3$). Sulfitul de sodiu are un rol complex în procesul de revelare, şi anume:

a) Sulfitul protejează substanţele revelatoare, micşorînd oxidarea acestora de către oxigenul din aer (de aici, denumirea de substanţă protectoare).

b) Sulfitul intră în combinaţie cu produşii de oxidare ai substanţelor revelatoare, rezultaţi în timpul revelării, formînd produşi sulfonici. Aceste reacţii influenţează în mod diferit viteza de revelare în funcţie de tipul substanţei revelatoare. Astfel, în cazul metolului, blocarea produşilor de oxidare duce la creşterea vitezei de revelare, atît datorită

faptului că unul dintre produşii reacţiei de revelare este îndepărtat, cît şi datorită capacităţii de revelare pe care o posedă monosulfonatul.

În cazul hidrochinonei, procesul de revelare este încetinit într-o oarecare măsură, deoarece produsul de oxidare (chinona) care este legat de sulfit are rol catalitic în reacţia de reducere a argintului.

La revelatorii color, concentraţia sulfitului este relativ scăzută, pentru a reduce la maximum combinarea acestuia cu produşii de oxidare.

Aceştia determină formarea cantitativă a coloranţilor în cele trei straturi ale peliculei.

Acţiunea protectoare a sulfitului împotriva oxidării la revelatorii color este astfel diminuată în mod substanţial. Pentru a compensa acest lucru se introduc în revelatorii color mici cantităţi de hidroxilamină sub formă de sulfat, care îndeplineşte un rol similar.

Reamintim că sulfitul, blocînd produşii de oxidare, reduce într-o mare măsură posibilităţile de impurificare a soluţiilor de revelator cu precipitatele unor produse organice de polimerizare. Această acţiune este deosebit de utilă, în special pentru developarea industrială efectuată în maşinile de developat.

c) Sulfitul de sodiu îndeplineşte şi funcţia de solvent parţial al cristalelor de bromură de argint. Astfel, în soluţia de revelator se formează o anumită cantitate de ioni de argint, care participă la formarea imaginii prin revelarea fizică.

Ca urmare, granulaţia imaginii devine mai fină. Pentru a obţine aceste rezultate, trebuie utilizat sulfitul în concentraţii relativ mari (circa 100 g/$\ell$ ), lucru ce se face de obicei la revelatorii pentru pelicule negative alb-negru, unde reducerea granulaţiei este o problemă de prim ordin.

Din cele arătate mai sus rezultă că sulfitul îndeplineşte funcţii multiple şi importante în procesul de revelare.

Cu toate acestea, în procesul de revelare alb-negru concentraţia sulfitului poate varia în limite destul de largi, fără ca efectul fotografic să se modifice.

La revelatorii color însă, concentraţia sulfitului de sodiu trebuie urmărită cu mai multă atenţie, întrucît influensa sa asupra formării imaginii este mai puternică.

e. Substanţele antivoal (încetinitoare). Introducerea în revelator a bromurii de potasiu sau a altor săruri solubile de brom încetineşte procesul de revelare, prin lungirea perioadei de inducţie. Acţiunea încetinitoare a ionilor de brom se manifestă deci în prima fază a revelării, în special asupra formării voalului fotografic.

Formarea densităţii de voal (din cristale neexpuse) este frînată într-o măsură mult mai mare decît procesul formării imaginii (din cristalele expuse). De aici provine şi denumirea de s u b s t a n ţ e a n t i v o a l.

După cum s-a mai arătat, influenţa bromurii depinde de natura substanţei revelatoare utilizate. Astfel, acţiunea fotografică a fenidonului depinde cel puţin de variaţia concentraţiei ionilor de brom. Nu acelaşi lucru se întîmplă cu metolul, a cărui acţiune depinde foarte mult de concentraţia ionilor de brom.

La realizarea industrială a revelării în maşinile de developat, controlul concentraţiei ionilor de brom trebuie să se efectueze cu o atenţie deosebită, mai ales că prin desfăşurarea procesului de revelare aceşti ioni se acumulează. Acumularea cantitativă a ionilor de brom în timpul revelării nu este riguros proporţională cu cantitatea de peliculă prelucrată, deoarece depinde de densitatea medie a imaginii, care variază uneori în limite destul de largi (scene de noapte, scene de zi etc.).

O acţiune şi mai puternică de încetinire a revelării o are iodura de potasiu sau alte săruri solubile de iod, care se pot acumula în revelatorii din peliculele prelucrate ce conţin în emulsie cristalele fotosensibile de iodură de argint.

Ionii de iod pot ajunge de asemenea în soluţia de revelator ca impurităţi ale bromurii de potasiu. Concentraţiile minime de iodură de 0,01-0,02 g/ℓ influenţează în mod substanţial efectul fotografic, îndeosebi la peliculele color, unde se modifică şi balanţa de culoare.

Ca substanţe antivoal se pot întrebuinţa şi o serie de combinaţii organice din clasa tioanilidelor, ca. de exemplu: benztriazolul şi fenilmercaptotrazolul, care sînt folosite în mici concentraţii (0,01-0,5 g/ℓ ). Utilizarea în practică a acestor substanţe este limitată.

f. Alte substanţe introduse în revelatori. În soluţiile de revelator se introduc uneori şi alte substanţe, pentru a se obţine efectele cerute în anumite cazuri concrete.

Cele mai importante din aceste substanţe introduse în revelator sînt:

- Substanţele pentru preîntîmpinarea precipitării sărurilor insolubile de calciu din apa utilizată la prepararea revelatorilor. În această categorie intră hexametafosfatul de sodiu şi acidul etilendiaminotetracetic, care leagă ionii de calciu în substanţe solubile nedisociabile.

- Substanţele pentru micşorarea umflării gelatinei. În acest scop se foloseşte sulfatul de sodiu în concentraţii mari de 50-150 g/ℓ

- Alcoolul benzilic care se utilizează la revelatorii cu CD-3 în care se developează pelicula negativă color Eastman-Kodak.

Rolul alcoolului benzilic este de a accelera reacţia revelării.

## 2. Tipuri şi reţeţe de revelatori pentru pelicule alb-negru şi color

a. Generalităţi. În literatura de specialitate se recomandă pentru peliculele cinematografice un număr mare de reţete de revelatori. Această diversitate de reţete nu este dictată decît în parte de necesităţile practice, ea fiind rezultatul elaborării empirice a compoziţiilor majorităţii soluţiilor de revelator, cît şi a intereselor comerciale ale firmelor producătoare de peliculă, care urmăresc să vîndă o dată cu pelicula şi substanţele chimice pentru prelucrarea ei.

Necesităţile developării diferitelor sortimente de peliculă au determinat, pe baza unor experimentări practice, elaborarea anumitor reţete de revelatori care s-au impus şi răspîndit în funcţie de rezultatele obţinute. Abia în ultimele decenii s-a reuşit să se realizeze progrese importante în studierea şi explicarea ştiinţifică a acţiunii diferitelor substanţe ce intră în compoziţia revelatorilor, ceea ce oferă şi o bază teoretică alegerii celor mai raţionale reţete.

Reţetele de revelatori care s-au consacrat în practica developării industriale a peliculelor cinematografice prin bune rezultate calitative şi economice sînt destul de puţine ca număr.

Revelatorii cinematografici se pot clasifica după tipul peliculei prelucrate în trei grupe:

- revelatori pentru pelicule negative alb-negru;
- revelatori pentru pelicule pozitive alb-negru;
- revelatori pentru pelicule color (cromogeni).

b. Revelatori pentru pelicule negative alb-negru. Revelatorii pentru peliculele negative alb-negru sînt revelatorii cu acţiune lentă, care asigură realizarea unei imagini cu contrast relativ scăzut. Acest tip de revelator se utilizează pentru developarea negativelor de imagine alb-negru, a pozitivelor intermediare alb-negru (lavenzi) şi a contratipelor alb-negru.

Avînd în vedere valoarea şi importanţa negativelor, la elaborarea acestor revelatori s-a urmărit, în primul rînd, obţinerea unei calităţi maxime, chiar dacă uneori factorul economic a fost trecut pe planul al doilea.

Pentru obţinerea unei activităţi relativ lente, acestor revelatori li se asigură un pH coborît, realizat prin utilizarea ca substanţe acceleratoare a boraxului sau a carbonatului de sodiu în concentraţie redusă.

Acestor revelatori li se cer, în special pentru peliculele negative, să realizeze, prin revelare, un spor de sensibilitate şi o granulaţie cît mai fină a imaginii. Ambele condiţii joacă un rol foarte important în realizarea unei imagini cinematografice de calitate.

Mărirea sensibilităţii peliculei prin revelare, care aduce o importantă reducere a luminii pe platourile de filmare, se realizează prin aşa-numita a c ţ i u n e e g a l i z a t o a r e a revelatorilor, care depinde de capacitatea-tampon a acestora. Cea mai puternică acţiune egalizatoare o deţin revelatorii cu o capacitate-tampon redusă. În acest caz, în domeniul expunerilor mari, densităţile obţinute vor fi mai mici decît la un revelator cu capacitate-tampon mare, datorită epuizării locale rapide din stratul de emulsie a substanţelor active din revelator. Se creează astfel posibilitatea ca revelarea să se prelungească pînă la atingerea aceleiaşi densităţi maxime şi a aceluiaşi factor de contrast. Prin aceasta, detaliile din umbre (din zona expunerilor mici) se prelucrează mai mult, obţinîndu-se densităţi mai mari, deci realizarea unei sensibilităţi sporite. De aici rezultă că revelatorii pentru peliculele negative trebuie să aibă o capacitate-tampon redusă. Acest lucru însă duce la micşorarea stabilităţii, ceea ce nu este indicat pentru procesele de developare industrială.

În practică, aproape toţi revelatorii negativi sînt egalizatori într-o măsură mai mare sau mai mică în dauna stabilităţii în exploatare.

Scanned with OKEN Scanner

Granulaţia imaginii se poate micşora într-o anumită măsură dacă în compoziţia revelatorilor sulfitul de sodiu se află într-o concentraţie mai mare. Sulfitul dizolvă o parte din cristalele de halogenuri de argint din emulsie, mărind astfel concentraţia ionilor de argint în soluţie. În aceste condiţii începe să se facă simţită revelarea fizică care, după cum se ştie, asigură granulelor de argint dimensiuni mai reduse. Din aceste motive, toţi revelatorii pentru peliculele negative conţin în compoziţia lor o concentraţie relativ mare de sulfit de sodiu (circa 8o-15o g/ℓ sulfit de sodiu anhidru).

Dintre revelatorii pentru peliculele negative alb-negru, cea mai mare importanţă practică o are revelatorul D-76 elaborat de firma Kodak şi revelatorii rezultaţi prin modificarea acestuia.

Revelatorul D-76 are următoarea compoziţie şi următoarele toleranţe ale substanţelor componente în exploatare:

- metol 2 ± o,2 g
- sulfit de sodiu anhidru loo ± lo g
- borax 2 g pH=8,4 ± o,o6
- bromură de potasiu o,3 ± o,1 g
- apă pînă la 1 ooo ml

După cum se poate observa din reţetă, datorită concentraţiei reduse de borax, capacitatea-tampon este foarte scăzută. Rezultă că are o acţiune egalizatoare puternică, ceea ce duce la o creştere a sensibilităţii cu circa 3o % faţă de alţi revelatori. Concentraţia extrem de redusă a bromurii de potasiu necesită pentru menţinerea acesteia în limitele admisibile dozări foarte mari de circa 9o-12o ml soluţie de compensare pentru fiecare metru de peliculă prelucrată.

Granulaţia obţinută este mică datorită conţinutului mare în sulfit de sodiu.

Revelatorul D-76 este în general un revelator cu performanţe înalte, însă instabil (capacitate-tampon scăzută) şi foarte costisitor (consum foarte mare de substanţe chimice).

Pentru îmbunătăţirea stabilităţii în exploatare se utilizează uneori revelatorul D-76-d, care are următoarea compoziţie şi toleranţe

- metol — 2 ± 0,2 g
- hidrochinonă — 5 ± 0,5 g
- sulfit de sodiu anhidru — 100 ± 10 g
- borax — 8 g
- acid boric — 8 g
  } pH = 8,20 ± 0,06
- bromură de potasiu — 0,3 ± 0,1 g
- apă pînă la 1 000 ml

Acest revelator avînd o capacitate-tampon mai mare, prin introducerea în reţetă a acidului boric este mai stabil. În acelaşi timp scade şi acţiunea sa egalizatoare, şi deci sensibilitatea obţinută va fi mai redusă.

Pentru a ilustra deosebirea dintre revelatorii D-76 şi D-76-d în ceea ce priveşte capacitatea-tampon, redăm în figura 94 curbele de titrare cu acid bromhidric ale celor doi revelatori, curbe care ne arată modul în care se modifică pH-ul soluţiei prin adăugare de acid.

În practica de laborator se mai folosesc şi alte variante ale revelatorului D-76, modificînd în special raportul concentraţiilor dintre borax şi acid boric în funcţie de condiţiile practice (tipul peliculei, maşina de developat etc.).

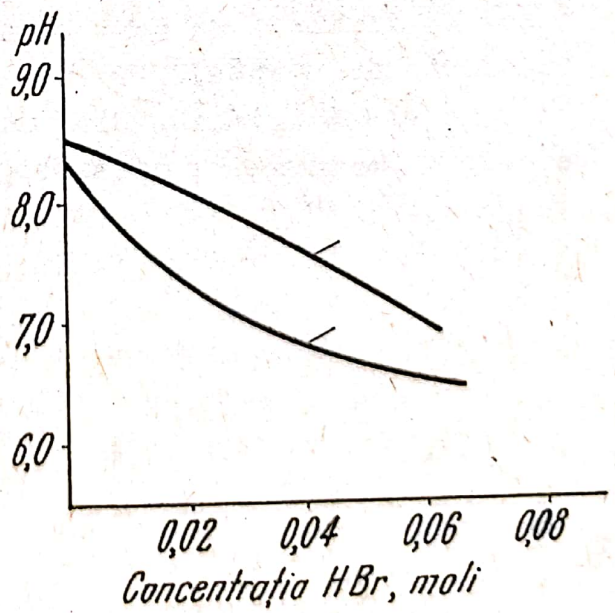



Fig.94. Curbele de titrare a revelatorului D-76 (1) şi D-76 d (2).

Rezultate excelente s-au obţinut prin reducerea concentraţiilor substanţelor revelatoare(metolul şi hidrochinona) din revelatorul D-76. Acest nou revelator care se întrebuinţează în prezent într-o serie de laboratoare cinematografice lucrează mai lent, asigurînd o mai bună prelucrare a detaliilor şi o granulaţie mai fină.

Un revelator foarte interesant ca performanţe s-a realizat prin înlocuirea metolului din revelatorul D-76 cu fenidonul.

Cuplul fenidon-hidrochinonă a permis realizarea unei importante creşteri de sensibilitate de circa o diafragmă($3^{\circ}$ DIN). Revelatorul cu fenidon este în acelaşi timp şi mult mai avantajos din punct de vedere economic. Acţiunea încetinitoare a bromurii se manifestă mult mai puţin asupra capacităţii de revelare a fenidonului, fapt ce a oferit posibilitatea reducerii concentraţiei de lucru a bromurii din acest revelator pînă la 1 g/$\ell$ , micşorînd astfel dozarea (pînă la circa 25 ml/m), şi deci consumurile soluţiei de compensare.

Totodată s-a constatat că revelatorul cu fenidon măreşte puţin granulaţia imaginii fotografice, inconvenient ce limitează sfera utilizării acestui revelator.

Totuşi, avînd în vedere avantajele pe care le prezintă revelatorul cu fenidon, acesta este întrebuinţat cu succes pentru developarea peliculelor intermediare (dup-pozitiv şi dup-negativ), precum şi pentru developarea anumitor negative de la care se cere o creştere substanţială a sensibilităţii (lipsă de lumină la filmare) şi care suportă o granulaţie mărită (de exemplu, scene de noapte).

Reţetele principalelor soluţii de revelatori destinate developării peliculelor cinematografice negative sînt redate în tabela 15.

Tabela 15

Reţetele principalelor soluţii de revelator pentru pelicule negative

| Nr. crt. | Denumirea revelatorului | Concentraţiile în g/ℓ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Metol | Fenidon | Hidrochinonă | Sulfit de sodiu anhidru | Borax | Acid boric cristalizat | Bromură de potasiu | Sulfociamură de potasiu |
| 1. | D-76 - Kodak (Nr.19 ORWO) | 2 | - | 5 | 1oo | 2 | - | o,3 | - |
| 2. | D-76-d - Kodak | 2 | - | 5 | 1oo | 8 | 8 | o,3 | - |
| 3. | NM-3 - U.R.S.S. | 1,5 | - | 1 | 1oo | 1,5 | 2 | o,15 | - |
| 4. | Revelator cu fenidon Fuji-film | - | o,2 | 5 | 1oo | 3 | 3,5 | 1 | - |
| 5. | DK-2o Kodak (pentru dup-negativ) | 5 | - | - | 1oo | 2 | | o,5 | 1 |

c. Revelatori pentru pelicule pozitive alb-negru. Revelatorii destinaţi pentru developarea peliculelor pozitive alb-negru trebuie să fie mai energici decît revelatorii negativi pentru a asigura într-un timp de revelare scurt (circa 3 min) acoperirea şi contrastul ( $\gamma$ = 2,6-2,8) unei imagini pozitive normale. De aceea, alcalinitatea acestor revelatori este mai mare (pH = 9,8-1o,4), ceea ce se realizează prin utilizarea unor substanţe acceleratoare mai puternice în concentraţii corespunzătoare.

De obicei, se utilizează în acest scop carbonatul de sodiu în concentraţii cuprinse între 15 şi 4o g/ℓ.

Carbonatul de potasiu se foloseşte mai rar, deoarece este mai scump.

Revelatorilor pentru peliculele pozitive cinematografice li se impun în mod deosebit condiţiile unei economicităţi şi stabilităţi maxime în exploatare.

Aceste condiţii sînt absolut necesare , deoarece în aceşti revelatori se prelucrează majoritatea copiilor pozitive pentru reţeaua cinematografică, care reprezintă o producţie finită, însumînd cantităţi de peliculă de ordinul milioanelor de metri.

Consumul de substanţe chimice este necesar să fie cît se poate mai redus, iar variaţiile efectului fotografic nu trebuie să depăşească limitele admisibile. Problema economicităţii a putut fi rezolvată cu uşurinţă prin mărirea concentraţiei de bromură de potasiu, ceea ce a dat posibilitatea folosirii unor dozări relativ reduse.

Astfel, aceşti revelatori cpnţin bromură în concentraţii cuprinse între 1,5 şi 2,5 g/l , ceea ce necesită dozări de 12-25 ml/m.

Stabilitatea în exploatare a acestor revelatori este cu mult mai bună decît stabilitatea revelatorilor negativi. Variaţiile efectului fotografic sînt mai mici, datorită capacităţii -tampon care este mai ridicată. Această capacitate-tampon se obţine în primul rînd prin concentraţia mărită a substanţei alcaline.

Deoarece peliculele pozitive au o granulaţie fină,ca urmare a sensibilităţii scăzute pe care o posedă, revelatorilor pozitivi nu li se impun condiţii speciale în această privinţă. Din această cauză, concentraţia sulfitului este mai scăzută decît la revelatorii negativi. Astfel, dizolvarea cristalelor de bromură de argint din emulsie are loc într-o măsură foarte redusă.

Dintre reţetele de revelatori pentru peliculele pozitive o largă întrebuinţare a căpătat revelatorul ORWO-20, care este stabil şi economicos în exploatare. Reţeta şi toleranţele acestui revelator sînt următoarele:

Scanned with OKEN Scanner

- metol 2 ± o,2 g
- hidrochinonă 4 ± o,4 g
- sulfit de sodiu anhidru 25 ± 2 g
- carbonat de sodiu anhidru 18,5 ± 1 g pH = 1o,1 ± o,1
- bromură de potasiu 2 ± o,1 g
- apă pînă la 1 ooo ml

Prezintă interes de asemenea revelatorul Kodak D-16, care lucrează mai lent şi este mai puţin stabil (capacitatea-tampon este mai redusă). Acest revelator asigură o mai bună prelucrare a detaliilor imaginii.

Cele mai uzuale reţete de revelatori pentru peliculele pozitive sînt redate în tabela 16.

Tabela 16

Reţetele principalelor soluţii pentru pelicule pozitive

| Nr. crt. | Denumirea revelatorului | Concentraţii în g/ℓ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Metol | Hidrochinonă | Sulfit de sodiu (anhidru) | Carbonat de sodiu (anhidru) | Bromură de potasiu | Acid citric | Metabisulfit de potasiu |
| 1. | Nr.2o ORWO | 2 | 4 | 25 | 18,5 | 2 | - | - |
| 2. | Nr.22 ORWO | o,8 | 8 | 4o | 5o | 5 | - | - |
| 3. | D-16 Kodak. | o,3 | 6 | 4o | 19 | o,9 | 1,4 | o,7 |
| 4. | PM-4 U.R.S.S. | o,6 | 2 | 25 | 15 | 1,5 | - | - |
| 5. | G-2o3-Gevaert | o,5 | 5 | 5o | 32 | 2 | 2 | - |

d. Revelatori pentru pelicule color. Exploatarea revelatorilor cromogeni pentru peliculele color este mai dificilă datorită complexităţii procesului de revelare.

Complexitatea se datoreşte atît faptului că revelarea se desfăşoară în două faze (formarea imaginii alb-negru şi apoi a imaginii color), cît şi interacţiunii dintre cele trei straturi suprapuse ale peliculelor color. Elaborarea iniţială a reţetei unui revelator cromogen necesită studii laborioase pentru determinarea concentraţiilor optime ale substanţelor componente în vederea realizării unei imagini cu o balanţă echilibrată a culorilor. Din aceste motive, numărul reţetelor de revelatori cromogeni este relativ redus . Se impune respectarea cu rigurozitate a reţetelor recomandate de fabricile producătoare pentru fiecare sortiment de peliculă.

Activitatea fotografică a revelatorilor cromogeni depinde în primul rînd de concentraţia substanţei revelatoare,care trebuie menţinută cît mai constantă.Această operaţie este îngreunată mult de procesul de oxidare sub acţiunea oxigenului din atmosferă, care este deosebit de puternică, datorită concentraţiei reduse de sulfit de sodiu.

Menţinerea pH-ului revelatorilor color are o deosebită importanţă pentru realizarea unei stabilităţi satisfăcătoare a rezultatelor.

Alcalinitatea este în general mai puternică decît la revelatorii alb-negru şi se realizează cu carbonat de potasiu sau de sodiu în concentraţii relativ mari. Deşi prin aceasta capacitatea-tampon este ridicată, stabilitatea se menţine greu datorită puternicei influenţe pe care o exercită variaţiile de pH ale soluţiei.

Întrucît substanţele revelatoare sînt săruri acide,adăugarea lor directă în revelatorii din maşinile de developat provoacă scăderea pH-ului soluţiei.

Acţiunea încetinitoare a ionilor de brom este mai redusă decît la revelatorii alb-negru, ceea ce permite ca limitele de variaţie a concentraţiilor bromurii să fie mai largi.

Cele mai mari cantităţi de peliculă cinematografică color utilizată în ţara noastră provin de la firma ORWO (R.D.G.). Din această cauză se întrebuinţează pe scară largă revelatorul color ORWO nr. 11, atît pentru developarea peliculelor negative cît şi a celor pozitive color.

Revelatorul ORWO nr. 11 este un revelator cu o bună stabilitate, datorită capacităţii sale tampon care este ridicată (concentraţia carbonatului de potasiu este de 75 g/ℓ ).

Revelatorul are următoarea reţetă şi toleranţe:

| | |
|---|---|
| - sulfat de dietilparafenilendiamină (TSS) | 2,75 ± 0,05 g |
| - hidroxilamină | 1,2 ± 0,3 g |
| - sulfit de sodiu anhidru | 2,0 ± 1,0 g |
| - carbonat de potasiu | 75 ± 3,0 g |
| - bromură de potasiu | 2,0 ± 0,2 g |
| - apă pînă la 1 000 ml | |
| - pH-ul revelatorului = | 10 ± 0,05 |

După cum se ştie, sulfitul de sodiu protejează într-o oarecare măsură de oxidare substanţa revelatoare (TSS). Concentraţia sa nu poate fi mai mare, întrucît blochează produşii de oxidare rezultaţi din prima fază a revelării ( revelarea alb-negru), şi deci micşorează randamentul de formare a coloranţilor.

De aceea, în acest revelator se mai introduce şi o mică cantitate de hidoxilamină, care are acelaşi rol de protecţie ca şi sulfitul. Nici concentraţia hidroxilaminei nu poate fi prea mare, întrucît această substanţă posedă capacitatea de revelare, iar produşii săi de oxidare nu pot forma coloranţi. Deci o concentraţie prea mare a hidroxilaminei duce de asemenea la scăderea efectului fotografic al revelării cromogene.

După cum se poate observa din reţetă, limitele admisibile ale variaţiei hidroxilaminei sînt mai reduse decît cele ale sulfitului de sodiu.

Hidroxilamina şi sulfitul de sodiu au totuşi o acţiune protectoare limitată.

TSS-ul se oxidează chiar în prezenţa acestor două substanţe într-o proporţie însemnată. De aceea, pentru obţinerea constanţei necesare în exploatare, volumul dozării soluţiei de compensare este ridicat (5o-6o ml/m). Soluţia de compensare conţine o concentraţie mărită de TSS (3,7 g/ℓ ) şi o cantitate de bromură de potasiu (1,5 g/ℓ ), care au rolul de a menţine concentraţiile substanţei revelatoare şi a ionilor de brom din soluţia de bază.

Oxidarea TSS-ului este accelerată de anumite metale,ca, de exemplu: staniul, fierul (fonta) şi în special cuprul.

Aceste metale nu trebuie să fie prezente în instalaţiile maşinii de developat.

Pentru developarea peliculelor negative şi intermediare color cu masca Eastman-Kodak (tip 5251 şi tip 5253) se foloseşte revelatorul cromogen SD-3o. Acest revelator conţine ca substanţă revelatoare substanţa organică complexă denumită comercial CD-3, care se oxidează într-o măsură mai mare decît TSS. Ca substanţă alcalină se întrebuinţează carbonatul de sodiu.

Menţinerea pH-ului acestui revelator reprezintă o condiţie foarte importantă pentru realizarea stabilităţii efectului fotografic.

Reglarea pH-ului se face atît la prepararea cît şi pe parcursul utilizării în maşina de developat prin adaosuri de hidroxid de sodiu în cantităţi reduse.

După cum s-a mai arătat, adaosurile de CD-3 ce se fac în soluţia de bază din maşină duc la scăderea pH-ului, fapt de care trebuie să se ţină seama.

Un rol de importanţă majoră îl joacă alcoolul benzilic, care acţionează ca un accelerator al acţiunii substanţei revelatoare.

Pelicula pozitivă color Eastman-Kodak (tip 5382) se developează în revelatorul SD-31. Ca substanţă revelatoare se utilizează o altă substanţă organică denumită CD-2, iar ca substanţă alcalină carbonatul de sodiu.

Scanned with OKEN Scanner

Acest revelator este mai stabil în exploatare datorită faptului că substanţa revelatoare CD-2 se oxidează într-o proporţie mai redusă decît CD-3.

Revelatorii SD-3o şi SD-31 au următoarea compoziţie:

| | SD-30 | SD-31 |
|---|---|---|
| - CD-2 | - | 3,o ± o,25 g |
| - CD-3 | 5,o ± o,25 g | - |
| - Sulfit de sodiu anhidru | 2 ± o,25 g | 4,o ± o,5 g |
| - Alcool benzilic | 3,8 ± o,25 g | - |
| - Carbonat de sodiu | 5o,o g | 2o,o g |
| - Bromură de potasiu | 1,o ± o,o5 g | 2,o + o,1o g |
| pH ..... | 1o,75 | 1o,6o |
| - Apă pînă la 1 ooo ml | | |

3. Compensarea chimică şi volumetrică a consumurilor de revelator

a. <u>Generalităţi</u>. Soluţiile de revelator din maşinile de developat sînt utilizate vreme îndelungată (luni sau chiar ani) fără să fie schimbate integral. Acest lucru este posibil datorită sistemului de compensare chimico-volumetrică a consumurilor ce se produc în timpul procesului de revelare.

Introducerea treptată în maşină a unor cantităţi corespunzătoare de soluţie de compensare înlocuieşte pierderile intervenite datorită reacţiilor chimice şi antrenării de către peliculă a unui anumit volum de soluţie la trecerea sa în cuva următoare.

Astfel, în timpul procesului de revelare, majoritatea substanţelor din compoziţia revelatorului se consumă. Substanţele revelatoare participă direct la reducerea halogenurilor de argint influenţate de lumină la expunere în argint metalic care

constituie imaginea fotografică. În plus mai intervine şi oxidarea acestor substanţe prin acţiunea oxigenului din aer.Sulfitul de sodiu se combină cu produşii de oxidare ai substanţelor revelatoare. Substanţele alcaline neutralizează acidul bromhidric ce se formează prin reacţia principală a revelării.

Situaţia este diferită în privinţa substanţei antivoal, care de obicei este bromura de potasiu. În acest caz, datorită faptului că în urma revelării iau naştere ioni de brom, concentraţia bromurii în soluţia de revelator creşte pe măsură ce se developează noi cantităţi de peliculă. Rezultă deci că în timpul revelării bromura de potasiu se acumulează.

Totodată, fiecare metru de peliculă antrenează la ieşirea din ultima cuvă a revelatorului circa 7-12 ml de soluţie, fapt care duce la scăderea treptată a nivelului.Această soluţie se află în emulsia şi pe suprafeţele peliculei.

Pentru ca activitatea chimico-fotografică a revelatorului să fie permanent stabilă, este necesar ca, prin compensare, să se asigure menţinerea constantă în timp a concentraţiilor tuturor substanţelor componente, precum şi a nivelului soluţiei din cuve.

De aceea, pentru a fi corectă, compensarea chimico-volumetrică a revelatorilor trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

- soluţia de compensare trebuie să conţină, în concentraţii mai mari decît în soluţia de bază, acele substanţe care se consumă;

- soluţia de compensare nu trebuie să conţină de loc (sau în concentraţii mai mici decît în bază) bromură, deoarece aceasta se acumulează în timpul revelării;

- concentraţiile substanţelor din soluţia de compensare trebuie corelate cu o viteză corespunzătoare de dozare pentru asigurarea echilibrului chimic;

- viteza dozării trebuie să compenseze pierderile volumetrice datorate antrenării soluţiei de către peliculă.

Scanned with OKEN Scanner

b. Calculul compoziţiei soluţiei de compensare şi a vitezei de dozare. Pentru simplificare considerăm că revelarea are loc într-o singură cuvă în care se află soluţia de bază şi prin care se deplasează, cu viteză constantă, pelicula ce se prelucrează (fig.95).

La intrarea în cuvă, pelicula se află în stare uscată, iar la ieşire antrenează cu ea un anumit volum de soluţie pe care îl notăm cu b $\ell$/h.

Pentru ca nivelul soluţiei din cuvă să rămînă constant, se introduce soluţie proaspătă de compensare în aceeaşi cantitate, adică b $\ell$/h.

În cuvă au loc reacţiile revelării şi alte reacţii secundare care duc la consumarea sau acumularea substanţelor din compoziţia soluţiei de revelator. Notăm cu $\alpha$ g/h cantitatea de substanţă ce se consumă (sau se acumulează) într-o oră, iar cu cg/$\ell$ concentraţia pe care trebuie să o aibă aceeaşi substanţă în soluţia de compensare. În aceste condiţii, după un timp îndelungat de lucru, în soluţia de bază se stabileşte concentraţia de echilibru a substanţei respective, pe care o notăm cu K g/$\ell$.

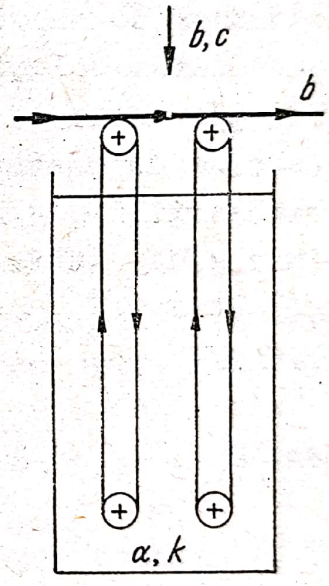



Fig.95. Schema revelării într-o singură cuvă.

Pentru asigurarea echilibrului chimic, adică pentru a menţine constantă în timp concentraţia unui anumite substanţe din revelator (K g/$\ell$), este necesar să se realizeze compensarea integrală a cantităţii de substanţă ce se consumă în timpul lucrului cu o cantitate egală din aceeaşi substanţă.

Deducerea formulei care exprimă această egalitate o vom face pentru cele două categorii de substanţe, adică pentru substanţele ce se consumă şi pentru substanţele ce se acumulează.

Cazul substanţelor ce se consumă. În acest caz, cantitatea de substanţă care se consumă constă din ceea ce se pierde prin reacţiile chimice ( $\alpha$ g/h) şi prin soluţia antrenată de către peliculă (b.K g/h). În total, într-o oră se consumă $\alpha$ + bK g de substanţă. Pentru a compensa această pierdere trebuie să se introducă b.c.g/h de substanţă prin soluţia de compensare.

Astfel vom avea egalitatea:

$$b\,K + \alpha = b\,c. \qquad (1)$$

Cazul substanţelor ce se acumulează . În al doilea caz, consumul de substanţă se datoreşte numai pierderilor, în urma antrenării soluţiei de către peliculă, ceea ce constituie b K g/h. Această cantitate de substanţă trebuie să fie compensată de cantitatea care rezultă din reacţiile chimice ale revelării ( $\alpha$ g/h) şi din ceea ce provine din compensare (b c g/h). Astfel vom avea:

$$b\,K = \alpha + b\,c$$

sau

$$b\,K - \alpha = b\,c\,. \qquad (2)$$

Generalizînd pentru ambele cazuri formula de echilibru, ea se va prezenta astfel:

$$b\,K \pm \alpha = b\,c. \qquad (3)$$

Această formulă poate fi utilizată pentru o serie de calcule, dintre care cele mai importante sînt: calculul compoziţiei soluţiei de compensare şi calculul vitezei de dozare.

Astfel, din formula (3) se poate determina concentraţia substanţei în soluţia de compensare (c g/$\ell$ ):

$$c = \frac{b\,K \pm \alpha}{b} = K \pm \frac{\alpha}{b}$$

sau

$$c = K \pm \frac{\alpha}{b} \qquad (4)$$

Din aceeaşi formulă (3) se poate determina volumul dozării (b $\ell$/h):

a) pentru substanţele ce se consumă în timpul revelării:

$$b = \frac{\alpha}{c-K}; \qquad (5)$$

b) pentru substanţele ce se acumulează în timpul revelării:

$$b = \frac{\alpha}{K-c}. \qquad (6)$$

În cele ce urmează vom ilustra prin două exemple aplicarea formulelor (4), (5) şi (6).

Exemple de aplicare a formulelor de calcul. Exemplul nr.1

La prelucrarea peliculei pozitive alb-negru se utilizează revelatorul ORWO nr.20.

Volumul dozării a fost fixat în funcţie de bromură la b = 12 l/h.

Concentraţia metolului în soluţia de bază trebuie să fie conform reţetei de K = 2 g/$\ell$ . Se cunoaşte că metolul se consumă în timpul lucrului:

$$\alpha = 3{,}6 \text{ g/h}.$$

Se cere să se determine în ce concentraţie trebuie să se afle metolul în soluţia de compensare pentru a se putea menţine în soluţia de bază concentraţia de 2g/$\ell$.

$$c = K + \frac{\alpha}{b} = 2 + \frac{3{,}5}{12} = 2 + 0{,}3 = 2{,}3 \text{ g/}\ell .$$

Exemplul nr.2. În revelatorul pentru pelicula pozitivă color ORWO concentraţia bromurii de potasiu trebuie să fie K = 2,5 g/ℓ . Se ştie că în timpul revelării acumularea bromurii constituie $\alpha$ = 11 g/h. Se cere să se determine ce viteză de dozare trebuie adoptată pentru o soluţie de compensare ce conţine: c = 1,2 g/ℓ bromură de potasiu:

$$b = \frac{\alpha}{K-c} = \frac{11}{2,5-1,2} = \frac{11}{1,3} = 8,4 \quad \ell/h.$$

## 4. Factorii fizici care influenţează viteza şi rezultatele procesului de revelare

a. Generalităţi. Rezultatele fotografice ale procesului de revelare depind nu numai de factorii chimici, ci şi de o serie de factori fizici. Factorii fizici au o importanţă cu totul deosebită pentru prelucrarea peliculelor cinematografice în condiţii industriale, în maşini de developat.

Influenţa acestor factori a fost tratată la capitolul cineticii procesului de revelare.

În cele ce urmează ne vom opri asupra unor aspecte practice ale realizării developării în funcţie de principalii factori fizici, şi anume:

- temperatura soluţiei de revelator;
- timpul de revelare;
- regimul hidromecanic al revelării;
- starea fizică a soluţiei de revelator.

b. Temperatura soluţiei de revelator. După cum se ştie, temperatura soluţiei de revelator influenţează foarte puternic viteza de revelare. Creşterea temperaturii revelatorului măreşte viteza de revelare. Această dependenţă, exprimată prin coeficientul de temperatură, depinde de condiţiile concrete de desfăşurare a developării şi de tipul peliculei fotosensibile.

În maşinile de developat, temperatura soluţiei de revelator se menţine în limite riguros constante cu ajutorul unor instalatii speciale de termostatare. Pentru practica tehnologică, un interes deosebit îl prezintă toleranţele admisibile de variaţie a temperaturii revelatorului pentru diferitele sortimente de peliculă cinematografică. Mărimea acestor toleranţe este determinată de dependenţa efectului fotografic ( $\gamma$ sau D), de temperatura revelatorului.

Astfel, toleranţele admisibile ale temperaturii $\triangle t$ sînt determinate de variaţiile permise ale coeficientului de contrast $\triangle \gamma$.

În practică (tabela 17) se află experimental raportul $\frac{\triangle \gamma}{\triangle t}$ pentru fiecare caz concret (revelator şi peliculă).

Tabela 17

Toleranţele admisibile ale temperaturii pentru anumiţi revelatori şi pentru anumite pelicule

| Nr. crt. | Denumirea revelatorului | Tipul peliculei | $\gamma$ | Interval de temperatură | $\frac{\triangle \gamma}{\triangle t}$ | Toleranţe admise de contrast $\pm \triangle \gamma$ | Toleranţele temperaturii $\pm \triangle t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | D-76 Kodak | Plus X Kodak (negativă a/n) | 0,65 | 16-20 | 0,15 | ± 0,03 | ±0,2°C |
| 2. | Nr.20 ORWO | PF-2 ORWO (poz.a/n) | 2,70 | 16-20 | 0,20 | ± 0,10 | ±0,5°C |
| 3. | Nr.11 ORWO | NC-1 ORWO (neg.col.) | 0,70 | 18-20 | 0,30 | ± 0,03 | ±0,1°C |
| 4. | Nr.11 ORWO | PC-5 ORWO (poz.col.) | 3,00 | 18-20 | 0,35 | ± 0,08 | ±0,2°C |

Observaţie. Raportul $\frac{\triangle \gamma}{\triangle t}$ a fost mărit într-o proporţie de 100% pentru asigurarea unor toleranţe cît mai reduse.

c. Timpul de revelare. Efectul fotografic ($\alpha$, D) poate fi puternic influenţat prin schimbarea timpului de revelare, adică a duratei de timp în care pelicula se află în soluţia de revelator. Ca şi în cazul temperaturii, mărirea timpului de revelare duce la creşterea efectului fotografic. La maşinile moderne de developat, schimbarea timpului de revelare se realizează prin două procedee:

- prin ridicarea sau coborîrea căruciorelor, ceea ce scurtează sau lungeşte drumul parcurs de peliculă în cuvele cu revelator (viteza maşinii rămîne constantă);

- prin modificarea vitezei maşinii, deci şi a timpului de revelare, care schimbă totodată şi durata celorlalte faze ale developării (spălări, fixare etc.).

Pentru a developa pelicula cinematografică în maşina de developat este necesar să se cunoască precizia cu care trebuie determinat şi fixat timpul de revelare. Deci trebuie să se ştie care sînt limitele admisibile în care timpul de revelare poate varia fără să influenţeze vizibil rezultatele fotografice. Toleranţele timpului de revelare ($\triangle$ T) se pot determina cunoscînd toleranţele efectului fotografic ($\triangle\gamma$) şi utilizînd curba $\gamma = f(T)$. Pentru ilustrare vom folosi curba $\gamma = f(T)$ (fig.96) a unei pelicule negative alb-negru. Presupunem că această peliculă trebuie developată la $\gamma = 0{,}70$, toleranţele de contrast fiind de $\triangle\gamma = \pm\ 0{,}03$.

Aflăm pe curba $\gamma = f(T)$ punctele care corespund factorilor de contrast $\gamma_1 = 0{,}67$, $\gamma_2 = 0{,}70$ şi $\gamma_3 = 0{,}73$. Din aceste puncte coborîm trei perpendiculare pe axa absciselor şi determinăm cele două toleranţe a şi b. În cazul de faţă, aceste toleranţe sînt egale cu a = 1,5 min şi b = 1,4 min. Dacă toleranţele nu sînt egale, se ia cea mai mică dintre ele.

Toleranţele timpului de revelare $\triangle$T trebuie determinate de fiecare dată pentru condiţiile concrete de developare, adică pentru revelatorul, pelicula şi maşina de developat ce se utilizează.

În tabela 18 redăm valorile aproximative $\triangle$ T pentru cîteva procese de developare.

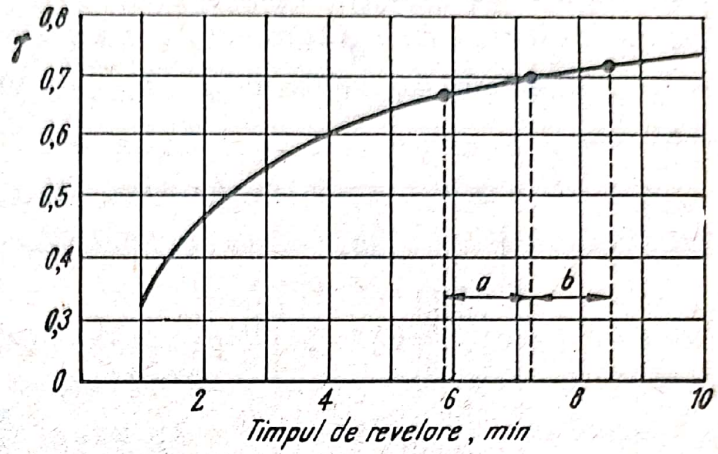



Fig.96. Determinarea grafică a erorii admisibile la fixarea timpului de revelare.

Tabela 18

Toleranţele admisibile ale timpului de revelare pentru anumiţi revelatori şi pentru anumite tipuri de pelicule

| Nr. crt. | Tipul peliculei | Denumirea revelatorului | $\pm \Delta \gamma$ | $\pm \Delta_s T$ |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Negativă alb-negru | D-76 Kodak | ± 0,03 | ± 8 |
| 2. | Pozitivă alb-negru | Nr.20 ORWO | ± 0,1 | ± 5 |
| 3. | Pozitivă color | Nr.11 ORWO | ± 0,08 | ± 10 |
| 4. | Negativă color | Nr.11 ORWO | ± 0,03 | ± 8 |

d. Regimul hidromecanic al revelării. Rezultatele fotografice ale procesului de revelare depind în mare măsură de viteza cu care se face difuzia substanţelor în stratul de emulsie al peliculei prelucrate. Este vorba de viteza cu care pătrund în emulsie substanţele componente ale revelatorului şi de viteza cu care se evacuează din emulsie substanţele rezultate în urma revelării. Difuzia acestor substanţe depinde de distanţa pe care acestea o au de parcurs. Această distanţă este cu atît mai mare, cu cît straturile aderente de soluţie de la suprafaţa emulsiei peliculei sînt mai groase.

Pelicula care se află în mişcare antrenează cu ea o cantitate de revelator care aderă la suprafaţa ei. După cum se poate observa din figura 97, la suprafaţa emulsiei se află un strat aderent de revelator care însoţeşte pelicula în deplasarea sa.

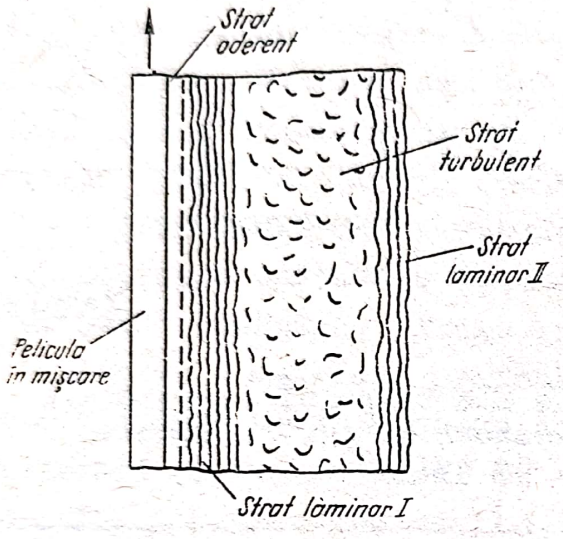



Fig.97. Structura straturilor de revelator de la suprafaţa peliculei aflate în mişcare.

In continuare există un strat mai gros de revelator, denumit l a m i n a r, care, deşi este transportat de către peliculă, are o viteză mai redusă decît viteza acesteia, rămînînd astfel mereu în urmă.

Urmează apoi un strat şi mai gros, denumit t u r b u l e n t, în care soluţia de revelator se află într-o continuă turbulenţă.

În sfîrşit există un nou strat laminar, a cărui viteză de deplasare este foarte scăzută.

Din cele de mai sus reiese că substanţele din revelator, cît şi substanţele ce se formează în timpul revelării trebuie să străbată în mod continuu aceste straturi pe toată durata procesului. Viteza de difuzie a substanţelor în timpul revelării peliculei cinematografice depinde de grosimea straturilor de revelator ce aderă la suprafaţa emulsiei.

Grosimea acestor straturi este cu atît mai mică cu cît viteza de deplasare a peliculei este mai mare şi cu cît soluţia de revelator este agitată mai intens. Din această cau-

ză, soluţia de revelator din cuvele maşinii de developat trebuie agitată puternic. În caz contrar, revelarea se încetineşte şi apar o serie de defecte de revelare, cum ar fi: efectul de perforaţie, pulsaţii ale imaginii, efectul revelării dirijate şi efectul de bordură. Toate aceste defecte reprezintă neuniformităţi locale de densitate care se datoresc insuficienţei difuziei substanţelor în timpul revelării.

Pentru practica developării peliculei cinematografice în maşini, calitatea imaginii poate fi micşorată în special datorită efectului revelării dirijate şi a efectului de bordură.

Efectul revelării dirijate se manifestă prin scăderea densităţii optice a porţiunilor de imagine care urmează (în sensul deplasării peliculei) unor porţiuni ce au primit o expunere mare.

Produsele reacţiei de revelare coboară prin stratul aderent şi încetinesc revelarea în zonele următoare. În figura 98 se ilustrează acest fenomen prin două sensitograme ce s-au developat în aceleaşi condiţii, cu excepţia sensului de încărcare în maşină.

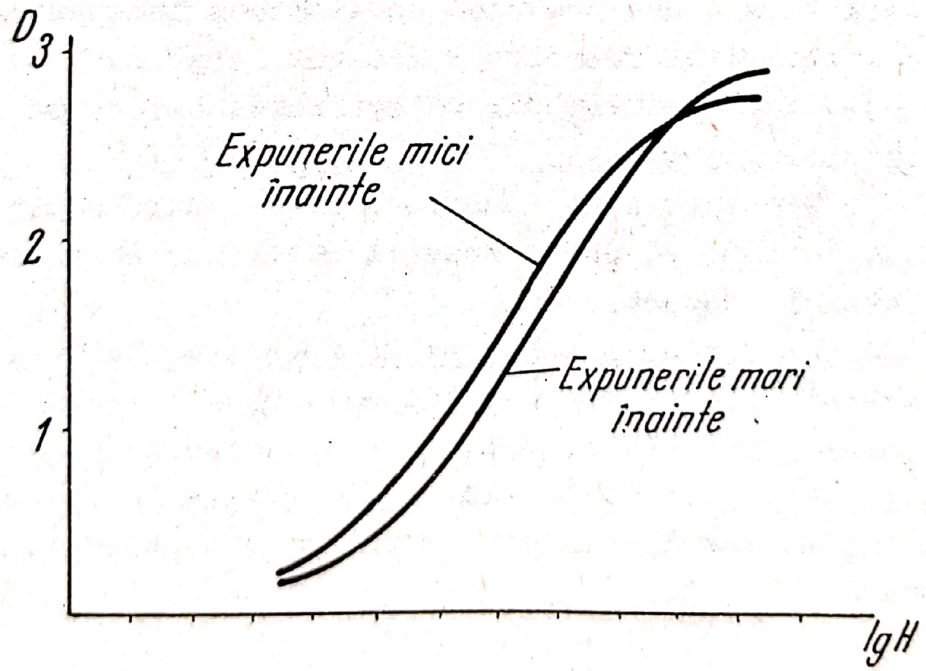



Fig.98. Curbele caracteristice ce ilustrează efectul revelării dirijate.

Efectul de bordură ia naştere la limita dintre o porţiune a imaginii ce a primit o mare expunere şi o porţiune cu expunere redusă. Aceste zone se influenţează reciproc în timpul revelării ducînd la apariţia unor inegalităţi de densitate la limita de separare a celor două porţiuni.

Toate efectele de revelare menţionate sînt reduse în foarte mare măsură, încît devin practic nesesizabile dacă agitarea revelatorului este suficient de puternică.

Agitarea soluţiei de revelator se poate realiza prin mai multe procedee, după cum urmează:

- Agitarea generală a revelatorului prin pompare sau cu agitatoare mecanice elicoidale. În acest caz, straturile aderente sînt micşorate în mod uniform pe toată lungimea peliculei imersate în soluţie. Turbulenţa revelatorului nu trebuie să fie exagerată, întrucît buclele peliculei se pot lovi între ele sau se pot lipi de cuvele maşinii, ceea ce ar duce la frecături şi la dislocarea gelatinei.

- Spargerea periodică a straturilor aderente de revelator de la suprafaţa peliculei cu duze prin care se trimite pe emulsie soluţie sub presiune. Acelaşi efect se poate obţine prin montarea din loc în loc a unor ştergătoare din cauciuc cu structură fină, care provoacă de asemenea îndepărtarea periodică a straturilor aderente . Aceste ştergătoare sînt foarte eficiente, însă prezintă riscul zgîrierii peliculei în cazul acumulării unor impurităţi.

Ambele procedee sînt ilustrate prin schemele din figurile 99, 100, în care se poate observa modul cum este redusă grosimea stratului aderent.

e. <u>Starea fizică a soluţiei de revelator</u>.Soluţia de revelator trebuie să fie cît mai limpede. Dacă în soluţia de revelator există impurităţi, acestea se pot depune pe pelicula prelucrată şi pot influenţa viteza de revelare prin micşorarea circulaţiei revelatorului (se pot înfunda conductele de comunicaţie).

Cauzele impurificării revelatorilor sînt multiple. Dintre acestea, cele mai importante sînt următoarele:

1) În timpul procesului de revelare se formează o serie de substanţe organice insolubile, provenite în special din polimerizarea produşilor de oxidare ai substanţelor revelatoare. Acumularea acestor compuşi organici de polimerizare se constată prin apariţia unei coloraţii roşcate a soluţiei, care treptat trece într-o coloraţie brună.

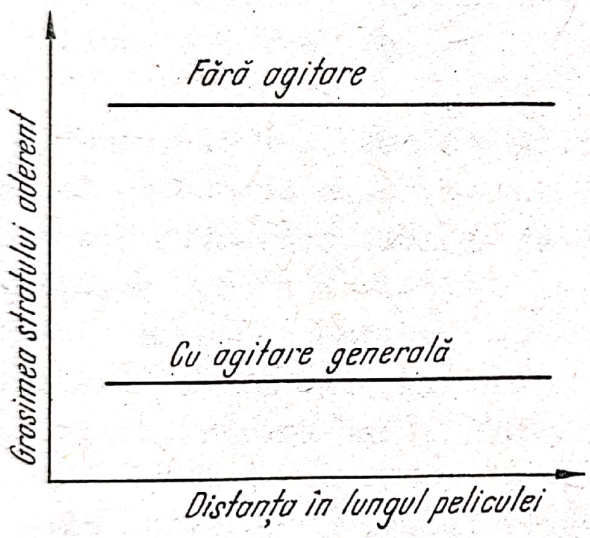



Fig.99. Schema micşorării grosimii straturilor aderente prin agitarea generală a soluţiei de revelator în cuvă.

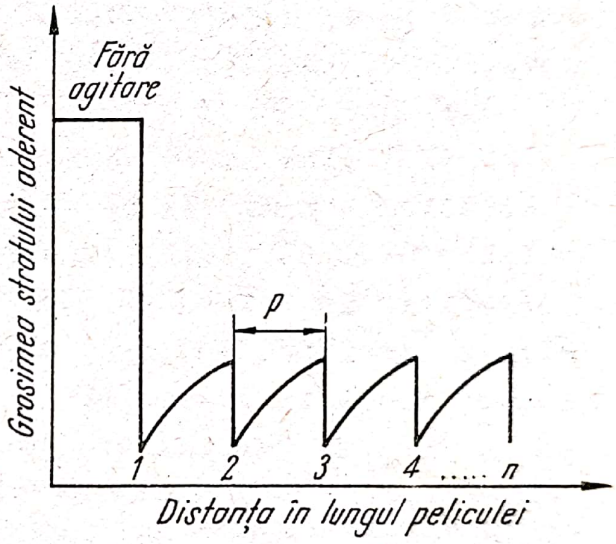



Fig.100. Schema modificării grosimii straturilor aderente prin spargerea lor periodică cu jeturi de revelator:
n- numărul jeturilor; p-distanţa între jeturi.

Datorită faptului că sulfitul de sodiu blochează produşii de oxidare ai substanţelor revelatoare, impurificarea revelatorilor cu compuşi organici de polimerizare depinde de concentraţia sulfitului. Astfel, la revelatorii pentru pelicule negative, care conţin o importantă cantitate de sulfit de sodiu (circa 100 g/ℓ ) şi a căror dozare este mare, impurificarea este

neglijabilă. În schimb, la revelatorii color se conţin sulfit într-o concentraţie redusă (circa 2,5 g/ℓ), precipitarea substanţelor organice de polimerizare are o pondere însemnată.

2) În soluţia de revelator se acumulează în timpul lucrului o cantitate de argint metalic. Acest precipitat provine din reducerea halogenurilor de argint dizolvate din emulsia peliculei de către sulfitul de sodiu sau de către alte substanţe din soluţia de revelator (de exemplu, rodanura de potasiu). Revelatorii cu conţinut mare de sulfit de sodiu se impurifică cu argint metalic într-o măsură mai mare decît alţi revelatori. Argintul se va depune pe pereţii cuvelor maşinii de developat.

3) O altă sursă de impurificare a soluţiei de revelator o constituie pelicula ce se prelucrează, care introduce în revelator mici particule de suport şi emulsie provenite de la operaţiile de tăiere şi perforare. La aceasta se mai adaugă şi micile cantităţi de gelatină care se desprind de pe emulsie datorită frecării peliculei pe rolele transportoare ale maşinii de developat. Particulele de gelatină, fiind uşoare, rămîn în suspensie în soluţia de revelator şi aderă cu uşurinţă la suprafaţa emulsiei. După developare, firele de gelatină rămîn pe peliculă, înrăutăţind acurateţea imaginii.

4) Revelatorul se impurifică de asemenea cu săruri insolubile de calciu, cum ar fi carbonatul şi sulfitul de calciu. Acest fenomen se produce în cazurile cînd la prepararea revelatorilor se utilizează apă cu duritate mare, adică bogată în săruri solubile de calciu şi magneziu. Pentru a evita formarea acestor săruri în revelator, se introduc unele substanţe care leagă ionii de calciu, cum ar fi, de exemplu, hexametafosfatul de sodiu.

Datorită cauzelor enumerate mai sus, în masa revelatorului se acumulează treptat importante cantităţi de impurităţi. Aceste impurităţi influenţează în mod negativ desfăşurarea procesului de revelare.

De aceea se impune ca soluţiile de revelator întrebuinţate în maşinile de developat să fie filtrate pentru îndepărtarea impurităţilor existente în ele.

Filtrarea soluţiilor de revelator se poate realiza periodic sau continuu.

F i l t r a r e a p e r i o d i c ă se efectuează de obicei prin întreruperea developării şi evacuarea revelatorului din maşină. Cu această ocazie, soluţia este trecută printr-un filtru special care reţine precipitatele existente în revelator. Dacă întreruperea developării durează mai mult timp, revelatorul filtrat este lăsat pentru decantare.

Alimentarea maşinii cu revelator se face renunţîndu-se la o anumită cantitate de soluţie de la fundul bazinului în care se află precipitatul depus.

F i l t r a r e a c o n t i n u ă se face cu ajutorul unor filtre introduse în circuitul soluţiei de revelator. Acest procedeu este superior, deoarece asigură o eficienţă mai mare a filtrării, fără să fie nevoie de întreruperea procesului de developare.

Materialele filtrante utilizate în scopul filtrării revelatorilor trebuie să îndeplinească anumite condiţii în funcţie de tipul filtrului utilizat. Astfel, acestea trebuie să reţină bine impurităţile din revelator, fără să se înfunde,şi să reziste bine la acţiunea chimică a revelatorului.

Se pot folosi pentru filtrare filtre cu straturi de nisip, azbest sau ebonită poroasă. Multe dintre filtrele incluse în circuitul revelatorului au ca material filtrant diferite ţesături, din care cele mai utilizate sînt ţesăturile din bumbac şi în special cele din fibre sintetice.

Ţesăturile din lînă sînt contraindicate, întrucît se distrug în mediu alcalin.

Trebuie menţionat că impurităţile care se acumulează în revelatorii color se deosebesc ca structură de impurităţile din revelatorii alb-negru. În revelatorii color se formează im-

purităţi în majoritate de provenienţă organică, cu o structură bituminoasă, care înfundă cu uşurinţă porii multor materiale filtrante. De aceea, pentru filtrarea revelatorilor color trebuie folosite materiale filtrante din fibre sintetice cu ţesătură rară, şpan din viniplast sau din alte materiale plastice.

În ultimii ani, o utilizare din ce în ce mai largă a început să capete metoda de curăţire a revelatorilor prin c e n t r i f u g a r e.

Soluţiile sînt trimise periodic sau continuu în centrifuge care separă toate impurităţile, inclusiv cele cu dimensiuni foarte reduse. Pentru revelatorii alb-negru se folosesc centrifuge cu circa 2 ooo rot/min, iar pentru revelatorii color cu circa 4 ooo rot/min. Eficienţa centrifugării depăşeşte cu mult eficienţa filtrării obişnuite.

## 5. Realizarea tehnologică a sistemului de revelare în maşinile de developat

a. <u>Generalităţi.</u> Se numeşte s i s t e m d e r e v e l a r e al unei maşini de developat totalitatea instalaţiilor şi comunicaţiilor care asigură buna desfăşurare a procesului de revelare. Sistemul de revelare constă din următoarele părţi componente principale:

- cuvele cu soluţie de revelator, în care se desfăşoară revelarea;
- instalaţiile şi comunicaţiile pentru asigurarea gradului necesar de agitare al revelatorului;
- instalaţiile şi comunicaţiile pentru termostatarea soluţiei de revelator;
- instalaţiile şi comunicaţiile pentru filtrarea soluţiei de revelator;

- instalaţiile şi comunicaţiile pentru compensarea pierderilor de natură chimică şi volumetrică (instalaţia de dozare);
- alte instalaţii şi dispozitive.

b. Schema de principiu a sistemului de revelare. În continuare vom descrie şi analiza schema de principiu a sistemului de revelare (fig.1o1).

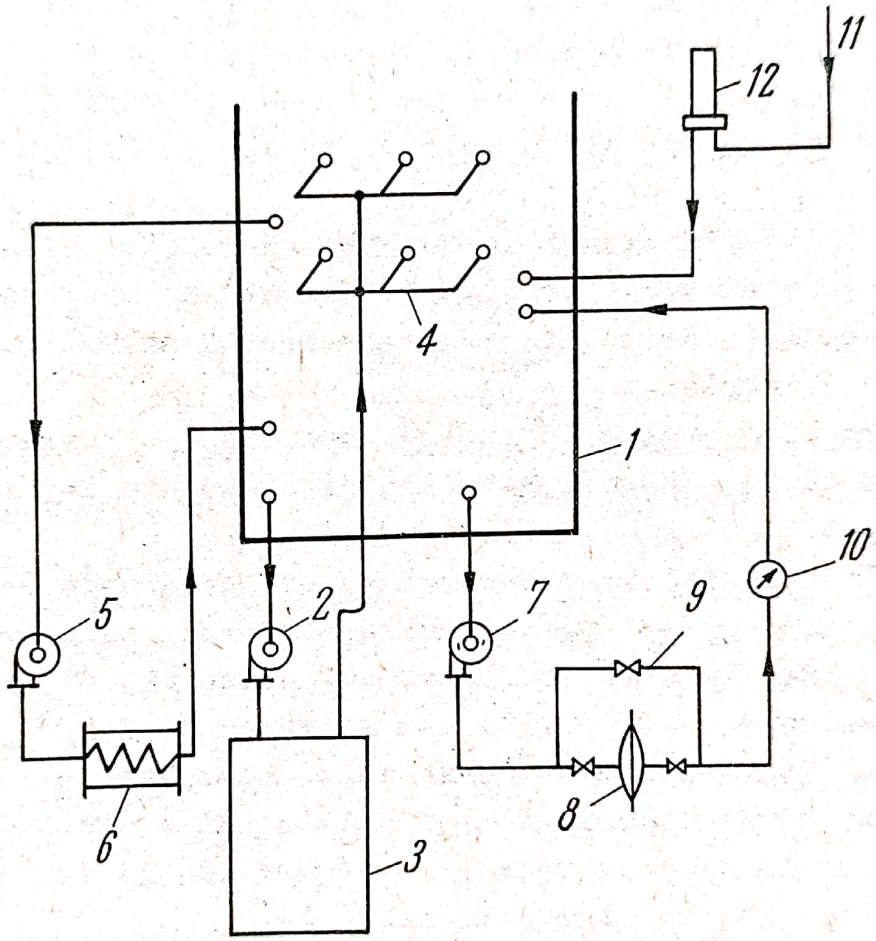



Fig.1o1. Schema circuitelor sistemului de revelare.

Soluţia de revelator se află în cuva 1, din care pornesc şi în care se întorc conductele de comunicaţie ale celor trei circuite: de agitare, de termostatare şi de filtrare.

Circuitul de agitare. Pompa 2 absoarbe soluţia de revelator din cuva 1 şi o trimite în vasul tampon 3, de unde aceasta reintră

sub presiune în cuvă, printr-o greblă de distribuţie 4,direct la suprafaţa peliculei,creînd astfel turbulenţa necesară pentru spargerea stratului aderent de soluţie de pe emulsie.Vasul tampon 3 serveşte pentru mărirea volumului general de revelator în vederea îmbunătăţirii stabilităţii chimico-fotografice.

În circuitul de termostatare se află pompa 5, care trimite soluţia de revelator în schimbătorul de căldură (termostatul) 6, unde are loc reglarea temperaturii soluţiei în limitele admisibile cu ajutorul unui agent de răcire (de obicei,apă rece) şi a unui dispozitiv de încălzire (rezistenţe electrice ).

Acţionarea agenţilor termici (de răcire şi de încălzire) se poate face manual sau în mod automat cu ajutorul unei instalaţii speciale de automatizare acţionată de un termometru cu contact electric.

În circuitul de filtrare, soluţia de revelator este trimisă de către pompa 7 prin filtrul 8 din nou în cuva maşinii de developat.

Cu ajutorul manometrului lo se poate observa momentul cînd presiunea va creşte peste limitele admise, adică momentul cînd filtrul trebuie curăţat. În timpul curăţirii filtrului, circulaţia soluţiei este oprită sau se va continua prin derivaţia 9.

Alimentarea cuvei cu soluţie proaspătă de compensare pentru menţinerea proprietăţilor chimice şi a nivelului soluţiei de revelator în cuvă se face prin cădere liberă din bazinul de presiune 11, prin dozatorul reglabil 12.

Sistemul de revelare descris mai sus este deosebit de complicat datorită prezenţei concomitente a trei circuite separate ale revelatorului. Funcţionarea celor trei pompe încălzeşte revelatorul, ceea ce duce la consumuri suplimentare de energie frigorifică.

Numărul de conducte şi instalaţii fiind mare, întreţinerea lor devine foarte dificilă.

Din aceste motive, un asemenea sistem de revelare nu se utilizează aproape niciodată în practică. La maşinile moderne de

developat s-a mers pe linia simplificării, reducîndu-se numărul circuitelor revelatorului, grupîndu-se operaţiile de agitare, termostatare şi filtrare. La o serie de maşini există cîte două circuite, iar la unele chiar unul singur.

Pentru ca operaţiile grupate într-un singur circuit să nu se influenţeze reciproc în prea mare măsură, se iau o serie de măsuri speciale de natură constructivă şi de exploatare. Astfel, în cazul cînd agitarea şi filtrarea se efectuează într-un circuit comun, filtrele trebuie să fie astfel concepute şi utilizate încît să nu ducă la variaţii mari ale presiunii soluţiei care ar putea influenţa rezultatele fotografice ale developării. Modificarea periodică a presiunii şi debitului soluţiei de revelator datorită filtrării poate influenţa eficienţa termostatării cînd aceste două operaţii se fac în acelaşi circuit.

c. <u>Sistemul unificat de revelare</u>. În cazurile cînd într-un laborator există mai multe maşini de developat care prelucrează acelaşi sortiment de peliculă (de exemplu, pliculă pozitivă alb-negru), este raţional să se utilizeze aşa-numitul s i s t e m u n i f i c a t d e r e v e l a r e. Acest sistem presupune unificarea circuitelor de agitare, termostatare şi filtrare ale soluţiilor de revelator. Se obţine astfel un revelator comun, care este termostatat, filtrat şi agitat o singură dată.

Sistemul unificat de revelare prezintă importante avantaje calitative şi economice. Astfel, stabilitatea chimico-fotografică a developării creşte în mod substanţial datorită volumului general de revelator care este mai mare.

Se reduce simţitor numărul instalaţiilor şi comunicaţiilor (pompe, filtre, termostate, conducte etc.), simplificîndu-se astfel exploatarea şi întreţinerea. Controlul chimic şi sensitometric al revelatorului este de asemenea mult mai redus, fiind vorba de analiza unei singure soluţii de revelator.

Sistemul unificat de revelare se poate realiza în mai multe variante constructive, în funcţie de condiţiile concrete.

Scanned with OKEN Scanner

Ne vom opri asupra variantei din figura 1o2 în care se unesc soluţiile de revelator din trei maşini de developat.

Pompele 2 absorb soluţia de revelator din cuvele 1 a celor trei maşini de developat şi o trimit sub presiune într-un vas

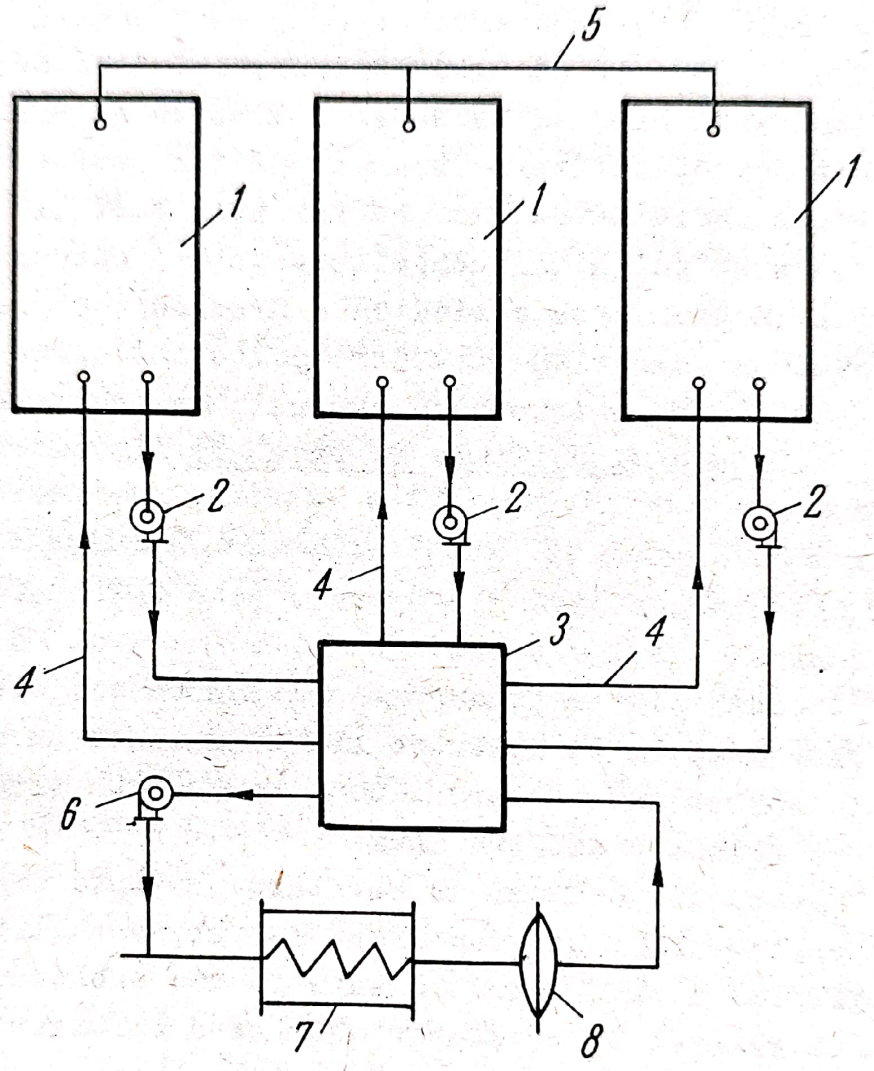



Fig.1o2. Schema sistemului unificat de revelare.

-tampon 3 ermetic închis. Pe baza presiunii create, soluţia reintră în cele trei cuve prin conductele 4. Cuvele cu revelator sînt unite între ele printr-o conductă groasă de egalizare 5, care asigură un nivel unic pe baza principiului vaselor comunicante. Lipsa conductei de egalizare ar duce, datorită diferen-

ţelor inerente de presiune, la scăderea nivelului soluţiei în anumite cuve şi la deversarea soluţiei în alte cuve. Termo - stataree şi filtrarea se realizează într-un circuit aparte cu ajutorul pompei 6, a termostatului 7 şi a filtrului 8. Alimentarea cu soluţie de compensare trebuie să se facă individual, dintr-un vas de presiune, pentru fiecare maşină în parte. Introducerea compensării în conducta de egalizare nu este recomandată, întrucît, datorită circulaţiei revelatorului ce are loc în această conductă, compensarea poate ajunge numai în anumite maşini, creînd astfel diferenţe locale de concentraţii ale substanţelor active.

Ca urmare a acestui fapt pot apărea deosebiri în ceea ce priveşte activitatea chimico-fotografică între maşinile aceluiaşi sistem unificat de revelare.

C. Tehnica procesului de fixare

Procesul de fixare este prezentat în toate procedeele de developare a peliculelor alb-negru şi color. După cum se ştie, prin fixare se realizează îndepărtarea integrală din straturile de emulsie a cristalelor de halogenuri de argint care nu au fost revelate. La prelucrarea peliculelor color, fixarea care urmează procesului de înălbire are şi rolul de a dizolva sărurile rezultate în urma oxidării argintului metalic din imagine.

Procesul de fixare este mai puţin critic decît procesul de revelare în privinţa parametrilor tehnologici (timp de fixare, concentraţiile substanţelor componente, temperatură etc.), ale căror toleranţe sînt mai largi. Cu toate acestea, respectarea tehnologiei de fixare este absolut necesară, deoarece în caz contrar imaginea se poate altera, în timpul conservării devenind inutilizabilă.

Scanned with OKEN Scanner

1. Factorii fizico-chimici care determină viteza şi rezultatele fixării

a. Generalităţi. Viteza şi rezultatele procesului de fixare depind, ca şi în cazul revelării, de o serie de factori, dintre care cei mai importanţi sînt: concentraţia substanţei de fixare (de obicei, tiosulfatul de sodiu), concentraţia argintului provenit din dizolvarea halogenurilor de argint sau a altor săruri solubile, pH-ul, temperatura şi agitarea soluţiei de fixare.

În cele ce urmează vom analiza pe rînd influenţa pe care o au aceşti factori asupra desfăşurării procesului de fixare în condiţiile maşinilor de developat.

b. Concentraţia tiosulfatului de sodiu. Viteza de fixare creşte pe măsură ce se măreşte concentraţia tiosulfatului de sodiu în soluţia de fixare pînă la aproximativ 200 g/ℓ. Între concentraţiile de 200-400 g/ℓ, viteza de fixare rămîne constantă, avînd o valoare maximă. La concentraţii de tiosulfat mai mari de 400 g/ℓ, viteza de fixare începe să scadă, ca urmare a dificultăţilor ce intervin în difuzia substanţelor.

Concentraţia tiosulfatului de sodiu determină tipul substanţelor ce iau naştere în timpul reacţiei de fixare. La concentraţii reduse ale tiosulfatului de sodiu este favorizată formarea tiosulfatului de argint ($Ag_2S_2O_3$) şi a unor combinaţii complexe tiosulfurice de argint, cum ar fi $Na\left[Ag_3(S_2O_3)_2\right]$ şi $Na\left[Ag(S_2O_3)\right]$, care sînt puţin solubile în apă.

Aceste substanţe complexe nu pot fi îndepărtate din emulsie prin spălare şi se descompun ulterior în timpul păstrării, formînd pete de sulfură de argint care alterează imaginea.

La concentraţii mari de tiosulfat de sodiu în soluţia de fixare iau naştere combinaţii complexe tiosulfurice uşor solubile în apă, ca, de exemplu, $Na_3\left[Ag(S_2O_3)_2\right]$, care se elimină cu uşurinţă în fixaj sau în apa de spălare.

Din cele de mai sus rezultă că, pentru a obţine o bună viteză de fixare şi în special o imagine care să poată fi conservată vreme îndelungată, concentraţia tiosulfatului trebuie să fie suficient de mare, şi anume să depăşească 150 g/ℓ .

După cît se pare, combinaţiile complexe tiosulfurice de argint sînt capabile să se transforme în anumite condiţii dintr-una în alta.

Astfel s-a constatat că fixarea se poate desfăşura cu bune rezultate dacă se începe într-o soluţie de fixare mai uzată şi apoi într-o soluţie proaspătă (cu concentraţie mare de tiosulfat de sodiu). În acest caz, deşi la început se formează complecşi insolubili, ulterior ei se transformă în combinaţii complexe solubile.

Această constatare a avut o importanţă practică deosebită pentru realizarea procesului de fixare în maşinile de developat, deoarece s-a putut elabora şi aplica aşa-numitul procedeu de f i x a r e î n c o n t r a c u r e n t.

Transformarea combinaţiilor complexe determină pe de altă parte durata utilă a fixării. Dacă fixarea se întrerupe prea devreme, de exemplu imediat după clarificare (cînd imaginea devine transparentă), se constată ulterior alterarea imaginii (formarea sulfurii de argint), chiar dacă concentraţia tiosulfatului de sodiu a fost suficient de mare. Reiese că deşi în stratul de emulsie au existat combinaţii complexe, uşor solubile, acestea n-au avut timp suficient să se elimine în soluţia de fixare şi s-au transformat în combinaţii complexe insolubile, imediat ce pelicula a trecut în apa de spălare (în cuva de apă, concentraţia tiosulfatului este foarte redusă). Din aceste motive, durata utilă a fixării în maşinile de developat trebuie să fie de cel puţin două ori mai lungă decît durata clarificării imaginii.

c. <u>Concentraţia argintului</u> . Prin combinarea halogenurilor de argint cu tiosulfat de sodiu se formează, după cum s-a arătat, halogenuri de sodiu şi combinaţii complexe tiosulfurice de argint.

Scanned with OKEN Scanner

În urma disocierii acestora, în soluţia de fixare se acumulează treptat cantităţi din ce în ce mai mari de ioni de halogeni şi ioni de argint. La procesele color, ionii de argint pot proveni de asemenea şi din disocierea combinaţiilor ce iau naştere în urma înălbirii, cum ar fi, de exemplu, $Ag_3Fe(CN)_6$ şi $Ag_4Fe(CN)_6$.

Acumularea halogenurilor în soluţie încetineşte într-o oarecare măsură procesul de fixare.

O acţiune mult mai puternică de frînare a acestui proces o exercită ionii de argint.

În plus, argintul care se acumulează fiind metal preţios, constituie un criteriu principal în adoptarea celei mai raţionale tehnologii a fixării în maşinile de developat.

Pentru ca fixarea să decurgă în modul cel mai avantajos din punct de vedere economic, este necesar ca în ultima cuvă de fixare (înaintea spălării) concentraţia argintului să fie cît mai mică, pentru a reduce la minimum pierderile de argint rezultate în urma antrenării de către peliculă a soluţiei de fixare (în medie de circa 10 ml/m). Pentru a limita aceste pierderi, se recomandă utilizarea sistemului de fixare în contracurent, care prezintă avantaje mari din acest punct de vedere, în comparaţie cu sistemul de fixare într-o singură cuvă.

Este indicat de asemenea ca la ieşirea din ultima cuvă de fixare să se monteze suflători de picături sau alte dispozitive care să îndepărteze surplusul de soluţie de pe suprafeţele peliculei.

Acest ultim procedeu aduce şi importante economii de tiosulfat de sodiu.

d. <u>Aciditatea soluţiei de fixare</u>. Aproape toate soluţiile de fixare întrebuinţate pentru prelucrarea peliculei cinematografice sînt acide. Pentru acidularea fixajelor se folosesc o serie de substanţe, cum ar fi: metabisulfitul de potasiu ($K_2S_2O_5$), metabisulfitul de sodiu ($Na_2S_2O_5$), acidul acetic ($CH_3$-COOH), bisulfitul de sodiu ($NaHSO_3$), acidul boric ($H_3Bo_3$) şi alte substanţe.

Aciditatea soluţiilor de fixare trebuie să se situeze între anumite limite de pH, şi anume între 6 şi 3,5.

La pH > 6 există pericolul formării voalului dicroic, ca urmare a continuării revelării de către urmele de revelator din strat.

La pH < 3,5 are loc reacţia de sulfurizare a tiosulfatului de sodiu care formează în soluţie sulf coloidal.

O importanţă deosebită pentru fixarea peliculei în maşinile de developat o are menţinerea pH-ului soluţiei de fixare la un nivel cît mai constant. Această cerinţă este deosebit de necesară în special la fixajele destinate peliculelor color, unde variaţiile de pH ale soluţiei de fixare modifică culoarea imaginii. Din aceste motive se impune ca soluţiile de fixare pentru uz cinematografic să aibă o capacitate-tampon cît mai ridicată. Dintre substanţele ce se folosesc pentru acidulare, cea mai bună capacitate-tampon o asigură acidul acetic împreună cu acetatul de sodiu, care se adaugă în mod special în acest scop. O capacitate-tampon destul de bună o asigură şi bisulfitul de sodiu, care formează un cuplu eficace cu sulfitul de sodiu, substanţă ce este prezentă aproape în toate reţetele de fixaje.

e. Temperatura soluţiei de fixare. Ca şi la revelare, creşterea temperaturii soluţiei de fixare măreşte viteza de fixare. Menţinerea temperaturii soluţiei de fixare este necesară, însă toleranţele sînt mai largi, şi anume $\pm$ 1°C.

Termostatarea soluţiei de fixare se realizează cu ajutorul schimbătorilor de căldură, similari cu cei utilizaţi la revelare.

În cazuri de prelucrare foarte rapidă se folosesc soluţii de fixare speciale (tanante), la temperaturi relativ ridicate (30-35°C).

f. Agitarea soluţiei de fixare. Prin agitarea soluţiei de fixare, viteza procesului se măreşte. Din această cauză se recomandă ca fixajele din maşinile de developat să fie agitate printr-o circulaţie continuă cu ajutorul pompelor. În maşinile

pentru prelucrare rapidă, durata fixării (ca şi a revelării) se scurtează foarte mult prin utilizarea jeturilor.

## 2. Tipuri şi reţete ale soluţiilor uzuale de fixare

a. Compoziţia şi clasificarea soluţiilor de fixare. În practica prelucrării peliculei cinematografice se recomandă şi se utilizează un mare număr de reţete de soluţii pentru fixare.

În compoziţia unei soluţii de fixare intră în mod obligatoriu substanţa fixatoare, care în marea majoritate a cazurilor este tiosulfatul de sodiu ($Na_2S_2O_3$).

În afară de tiosulfatul de sodiu se mai introduc de la caz la caz şi alte substanţe care se pot grupa în funcţie de rolul lor, după cum urmează:

- substanţe pentru acidulare;
- substanţe pentru menţinerea pH-ului;
- substanţe pentru tanare;
- substanţe pentru accelerare;
- substanţele împotriva sulfurizării;
- alte substanţe.

După cum s-a mai arătat, substanţele pentru acidulare servesc la obţinerea unui pH cuprins între limitele 3, 5 şi 6.

În acest scop se folosesc metabisulfitul de sodiu sau potasiu, bisulfitul de sodiu, acidul acetic, acidul boric. Pentru îmbunătăţirea menţinerii pH-ului se introduc uneori anumite substanţe, cum ar fi acetatul de spdiu, care măresc capacitatea-tampon a soluţiei.

Substanţele tanante (în special alaunul de potasiu - $K\,Al(SO_4)_2$ şi alaunul de crom - $K\,Cr(SO_4)_2$ se folosesc pentru o tanare suplimentară a gelatinei din emulsia peliculelor.

Această tanare măreşte rezistenţa mecanică a stratului de emulsie şi permite o prelucrare la temperaturi mai ridicate. Tanarea este recomandată în mod deosebit pentru peliculele color, care,datorită grosimii relativ mari a celor trei straturi de emulsie, necesită această operaţie pentru a rezista solicitărilor de natură mecanică pe care le suportă la trecerea prin maşinile de developat.

În cazuri mai rare se introduc în soluţiile de fixare unele substanţe care accelerează acţiunea tiosulfatului de sodiu. Din această categorie face parte clorura de amoniu($NH_4Cl$), care măreşte viteza fixării.

Majoritatea soluţiilor de fixare conţin o anumită cantitate de sulfit de sodiu, care micşorează probabilitatea sulfurizării tiosulfatului de sodiu. În acest mod, degajarea sulfului coloidal datorită descompunerii tiosulfatului de sodiu, în cazul cînd pH-ul soluţiei coboară prea mult, este mult micşorată.

În categoria"alte substanţe" se pot include anumite substanţe alcaline (carbonat de sodiu, borax), care se folosesc la realizarea unor soluţii speciale de fixare alcaline (firma Gevaert).

Soluţiile de fixare se pot clasifica după mai multe criterii. Astfel, în funcţie de d e s t i n a ţ i a lor deosebim:

- soluţii de fixare pentru pelicule alb-negru;
- soluţii de fixare pentru pelicule color.

Reţetele de fixaje pentru peliculele alb-negru conţin de obicei un număr mai redus de substanţe decît reţetele pentru pelicule color.

O a doua clasificare a fixajelor se poate face în funcţie de c o m p o z i ţ i a acestora. Astfel avem:

- soluţii de fixare simple;
- soluţii de fixare acide;
- soluţii de fixare tanante.

Soluţiile simple de fixare conţin numai tiosulfat de sodiu dizolvat în apă. Acestea se utilizează din ce în ce mai rar în practica developării peliculelor în maşinile de developat, datorită dezavantajelor ce intervin în exploatarea lor. Astfel, pelicula transportă mici cantităţi de revelator care se acumulează şi măresc pH-ul. Soluţia de fixare avînd un pH alcalin, urmele de revelator din emulsie pot continua revelarea şi pot forma voalul denumit d i c r o i c. În plus, prin oxidarea revelatorului ajuns în fixaj, soluţia se impurifică cu compuşi organici coloraţi care pot colora gelatina.

Pentru a evita aceste neajunsuri, este necesară o spălare intermediară mai lungă şi mai intensă sau introducerea unei soluţii acide de oprire, măsuri care implică cheltuieli suplimentare.

Soluţiile acide de fixare au căpătat cea mai largă utilizare, datorită faptului că rezolvă dezavantajele fixajelor simple. Într-adevăr, cînd pelicula întîlneşte un mediu acid, revelarea se opreşte imediat, lichidîndu-se astfel pericolul voalului dicroic şi al colorării gelatinei.

La aceste fixaje este necesară menţinerea pH-ului în limitele admisibile, pentru a exclude posibilitatea formării voalului dicroic (la pH prea ridicat), a sulfurizării (la pH prea scăzut) şi a modificării culorii (la prelucrarea peliculelor color).

Soluţiile tanante de fixare sînt de fapt soluţii acide la care se adaugă substanţa tanantă (alaunul de potasiu sau de crom).

După cum se ştie, acţiunea tanantă a alaunilor depinde foarte mult de pH. Eficienţa tanării este maximă într-un interval îngust de pH (3,6-4).

Pentru ca tanarea să se producă în mod constant, la o eficienţă acceptabilă, este necesară o menţinere riguroasă a pH-ului soluţiei.

Din această cauză, majoritatea fixajelor tanante posedă o capacitate-tampon importantă obţinută prin folosirea celor mai indicate substanţe de acidulare din acest punct de vedere (în special acidul acetic).

În unele reţete de fixaje tanante, acidularea se face cu acid boric, întrucît această substanţă are proprietatea de a lărgi limitele de pH în care tanarea efectuată de alaunuri este maximă.

Deşi alaunul de potasiu este mai scump decît alaunul de crom, a căpătat totuşi o utilizare mai largă ca urmare a faptului că asigură o capacitate-tampon mai ridicată şi o stabilitate mai bună.

Fixajele tanante se întrebuinţează cel mai des pentru fixarea peliculelor color.

În tabela 19 sînt redate cîteva reţete de fixaje utilizate în laboratoarele cinematografice.

Tabela 19

Reţetele principalelor soluţii de fixare

| Nr. crt. | Componentele fixajelor | Unitatea la 1 $\ell$ | Fixaj acid pentru a/n (URSS) | Fixaj tanat pentru color (KODAK) | Fixaj tanat pentru color (ORWO) | Fixaj tanat pentru color (FERRANIA) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Tiosulfat de sodiu | g | 2oo | 24o | 25o | 25o |
| 2. | Sulfit de sodiu anhidru | g | - | 15 | 15 | 2o |
| 3. | Metabisulfit de potasiu | g | 3o | - | - | - |
| 4. | Acid acetic concentrat | ml | - | 17 | 15 | 15 |
| 5. | Acid boric | g | - | 7,5 | - | 1o |
| 6. | Alaun de potasiu | g | - | 15 | 25 | 15 |
| 7. | Acetat de sodiu | g | - | - | 8 | - |

## 3. Realizarea tehnologică a sistemului de fixare

a. Generalităţi. Prin s i s t e m d e f i x a r e se înţelege totalitatea instalaţiilor şi a comunicaţiilor prin care se asigură procesul de fixare şi condiţiile optime ale desfăşurării acestuia (agitare, filtrare, dozare, termostatare, regenerare) într-o maşină de developat.

Sarcinile tehnologice ale realizării şi exploatării corecte ale sistemului de fixare se deosebesc radical de cele impuse de către sistemul de revelare. La revelare, condiţia tehnologică de bază este obţinerea unei stabilităţi maxime a rezultatelor fotografice.

La procesul de fixare, cerinţele faţă de stabilitate sînt mult mai reduse.

Se admit toleranţe mult mai largi de variaţie a concentraţiilor substanţelor componente şi a pH-ului. Astfel, concentraţiile tiosulfatului de sodiu şi ale altor substanţe se pot modifica cu 50-100%, fără ca rezultatele fixării să se modifice într-o măsură sesizabilă.

Sistemului de fixare i se impun însă anumite condiţii tehnologice specifice care trebuie respectate pentru a se putea obţine rezultate calitative şi economice optime. Principalele condiţii tehnologice specifice sînt următoarele:

- Durata procesului de fixare trebuie să fie de cel puţin două ori mai lungă faţă de timpul de clarificare
- Ultima parte a fixării (cel puţin 25% din timpul total de fixare) trebuie să se desfăşoare într-o soluţie proaspătă, cu o concentraţie ridicată de tiosulfat de sodiu.
- Pierderile de argint şi tiosulfat în apa de spălare trebuie să fie minime.

În acest sens se impune montarea de suflători de picături sau de alte dispozitive care să reducă cantitatea de fixaj antrenată de către peliculă.

Scanned with OKEN Scanner

De asemenea se recomandă ca în ultima cuvă de fixaj concentraţia de argint să fie cît mai redusă.

- Surplusul de soluţie de fixare rezultat din maşina de developat trebuie captat şi supus regenerării. Se extrage argintul, iar soluţia, după completarea concentraţiilor substanţelor componente şi reglarea pH-ului, este reintrodusă în circuitul de producţie.

În funcţie de condiţiile practice existente (construcţia maşinii de developat, instalaţiile aferente etc.) şi de sortimentul care se prelucrează (negativ, pozitiv, alb-negru, color), sistemul de fixare poate fi realizat în mai multe variante. Vom analiza două dintre cele mai utilizate variante, şi anume: sistemul cu soluţie de fixare unică şi sistemul în contracurent.

b. <u>Sistemul de fixare cu soluţie unică</u>. Acest sistem poate funcţiona într-o singură cuvă, sau în mai multe cuve, avînd însă comunicaţii între ele, astfel încît soluţia de fixare va fi unică şi cu aceeaşi compoziţie chimică.

Marele avantaj al acestui sistem îl constituie posibilitatea realizării cu uşurinţă a operaţiilor de termostatare, filtrare şi agitare. După cum se poate observa din figura 103, toate operaţiile de mai sus se efectuează într-un singur circuit.

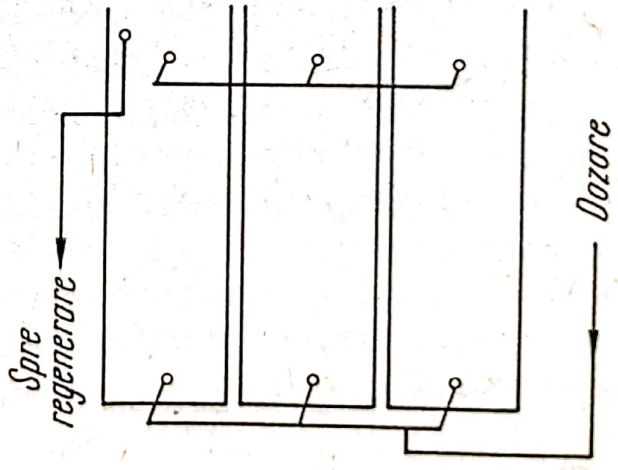



Fig.103. Schema sistemului de fixare cu soluţie unică.

Controlul chimico-sensitometric este simplu, întrucît există o singură soluţie.

În acelaşi timp, sistemul de fixare cu soluţie unică prezintă importante dezavantaje, care pot avea repercusiuni directe asupra calităţii procesului.Astfel,pentru a asigura condiţiile ca fixarea să se termine în soluţie concentrată (circa 2oo g/ℓ tiosulfat de sodiu),care trebuie să conţină şi o concentraţie redusă de argint (maximum 3 g/ℓ ), sînt necesare dozări mari de ordinul 2o-25 ml/m.

În caz contrar există pericolul alterării ulterioare a imaginii, iar pierderile de argint şi tiosulfat vor fi mari.

Pelicula care intră în fixaj are emulsia umflată puternic şi introduce în cuve o cantitate mai mare de apă decît transportă atunci cînd iese din fixaj. Această diluţie care se adaugă la cantitatea de soluţie introdusă prin dozare măreşte volumul general al soluţiei.

La regenerare se scurg prin preaplin cantităţi foarte mari de soluţii, ceea ce necesită renunţarea periodică la anumite cantităţi de fixaj.

Deci acest sistem necesită capacităţi mai mari de depozitare şi de regenerare a soluţiilor de fixaj, iar pierderile de tiosulfat de sodiu şi chiar de argint sînt importante.

Prin urmare, sistemul de fixare într-o singură soluţie poate fi caracterizat astfel:

- prezintă avantaje constructive prin simplitate şi posibilităţi de adaptare a circulaţiei soluţiei;
- asigură o calitate superioară fixării prin consum mare de soluţie şi pierderi importante de tiosulfat şi argint.

c. <u>Sistemul de fixare în contracurent.</u> Sistemul în contracurent se compune din mai multe cuve în care iniţial se introduce o soluţie de fixare cu aceeaşi compoziţie. Cuvele sînt legate între ele, însă legăturile alternează cînd sus, cînd jos (fig.1o4).

Dozarea se face în ultima cuvă (după sensul de deplasare a peliculei). Surplusul de soluţie rezultat din dozare se scurge dintr-o cuvă în alta, în sensul invers deplasării peliculei. Se creează astfel un contracurent de soluţie, de unde vine şi denumirea sistemului.

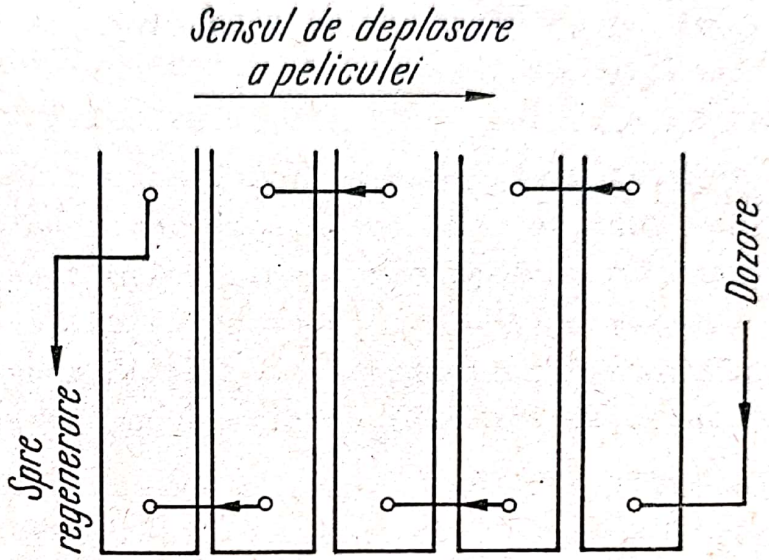



Fig.1o4. Schema sistemului de fixare în contracurent.

Din prima cuvă, surplusul de soluţie se captează şi se dirijează în bazinele pentru recuperare.

După o funcţionare mai îndelungată a sistemului, în urma reacţiei de fixare care se produce în special în primele cuve (pînă la clarificare), compoziţia soluţiei din cuve se schimbă în mod neuniform. Astfel, în primele cuve va exista soluţia cea mai epuizată, cu cea mai scăzută concentraţie de echilibru a tiosulfatului de sodiu şi cu cea mai ridicată concentraţie de argint. În cuvele următoare, concentraţia de echilibru a tiosulfatului de sodiu va fi din ce în ce mai mare, iar concentraţia argintului va scădea treptat. În ultima cuvă se va afla soluţia de fixare cea mai proaspătă.

Se creează astfel condiţii tehnologice foarte propice de desfăşurare a procesului de fixare. În ultima p a r t e a

procesului, pelicula se fixează în soluţie cu o mare concentraţie de tiosulfat de sodiu, ceea ce asigură o îndepărtare eficace a combinaţiilor tiosulfurice complexe, şi deci o spălare ulterioară eficientă.

Pe de altă parte, la ieşirea din ultima cuvă pelicula va antrena soluţia cu conţinut redus de argint, ceea ce va limita pierderile acestui metal preţios.

Compoziţia soluţiei de fixare în diferitele cuve ale sistemului în contracurent depinde de volumul de dozare.Cu cît dozarea este mai mare,cu atît condiţiile tehnologice ale fixării vor fi mai bune.In acelaşi timp însă,consumurile vor creşte , ceea ce nu este avantajos din punct de vedere economic.In tabela 2o este ilustrată influenţa volumului de dozare asupra desfăşurării fixării în sistemul de fixare în contracurent.

Tabela 2o

Influenţa volumului de dozare asupra desfăşurării fixării în sistemul de fixare în contracurent (concentraţia $Na_2S_2O_3$ în compensare - 2oo g/ℓ )

| Numărul cuvei | Dozare 13 ml/m | | Dozare 18 ml/m | |
|---|---|---|---|---|
| | Concentraţia Ag | Concentraţia $Na_2S_2O_3$ | Concentraţia Ag | Concentraţia $Na_2S_2O_3$ |
| 1 | 4,5 | 6o | 3,2 | 1oo |
| 2 | 7,5 | 1oo | 4,3 | 15o |
| 3 | 7,3 | 132 | 4,2 | 175 |
| 4 | 6,8 | 153 | 2,9 | 187 |
| 5 | 5,o | 168 | 1,6 | 194 |
| 6 | 3,3 | 178 | o,9 | 197 |
| 7 | 2,2 | 184 | o,6 | 197 |

Este vorba de un proces de fixare a peliculei pozitive alb-negru în şapte cuve, concentraţia tiosulfatului de sodiu în soluţia de compensare fiind de 200 g/ℓ . Din datele din tabelă rezultă superioritatea tehnologică a sistemului în contracurent.

Sistemul de fixare în contracurent prezintă însă serioase dificultăţi în privinţa realizării circuitului de termostatare şi filtrare continue, în special în cazul utilizării unui număr mare de cuve.

Din această cauză, pentru a satisface această cerinţă tehnologică, se recurge uneori la folosirea numai a 2-3 cuve de fixare legate în contracurent, fiecare din ele avînd circulaţia soluţiei separată.

Din analiza efectuată, sistemul de fixare în contracurent se poate caracteriza astfel:

- Fixarea se desfăşoară în condiţii tehnologice superioare, înregistrîndu-se consumuri reduse de soluţie (dozări de 13-15 ml/m).

Economia de argint este mărită.

- La un număr mare de cuve, soluţia nu poate fi termostatată şi filtrată prin mijloace clasice. Se poate recurge fie la reducerea numărului de cuve, fie la adaptarea unui sistem de agitare şi termostatare individuală a fiecărei cuve (de exemplu, sistemul existent la maşinile de developat Debrie).

## D. Tehnica altor procese ale developării

### 1. Tehnica şi realizarea tehnologică a spălării peliculei

a. Generalităţi despre procesul de spălare. Procesul de spălare are rolul de a îndepărta parţial sau total din stratul de emulsie a peliculei substanţele solubile care împiedică buna desfăşurare a fazelor ulterioare ale prelucrării (spălări intermediare), sau alterează imaginea în timpul păstrării (spălarea finală).

Spălarea peliculei este în cea mai mare măsură un proces de difuzie. Din acest motiv, viteza de spălare depinde în primul rînd de factorii care influenţează viteza de difuzie.

Un rol de seamă în această privinţă îl are intensitatea cu care apa circulă la suprafaţa emulsiei. O bună circulaţie a apei micşorează grosimea stratului laminar de la suprafaţa emulsiei şi facilitează eliminarea substanţelor.

Spargerea periodică a acestui strat laminar prin jeturi de apă măreşte şi mai mult viteza de spălare.

La realizarea spălărilor în maşinile de developat trebuie să se ţină seama de o serie de condiţii concrete, dintre care citǎm pe cele mai importante:

- felul spălării (intermediară sau finală);
- caracteristicile peliculei ( grosimea stratului de emulsie, granulaţia imaginii etc.);
- cerinţele impuse faţă de păstrarea diferitelor materiale (negative, materiale de arhivă, pozitive de exploatare etc.);
- caracteristicile apei de spălare (duritate , temperatură, pH etc.).

La spălările intermediare, îndepărtarea substanţelor din straturile de emulsie se face parţial.

Din această cauză, aceste spălări sînt mai scurte şi se controlează mai puţin.

Face excepţie spălarea după revelarea peliculei negative ORWO color care trebuie să elimine integral substanţele revelatoare din strat pentru ca acestea să nu ajungă în soluţia de înălbire.

Spălarea finală care urmează procesului de fixare trebuie să îndepărteze pe cît posibil toate sărurile din strat şi în special complecşii tiosulfurici şi tiosulfatul de sodiu. Controlul eficacităţii acestei spălări se face prin determinarea analitică a conţinutului de tiosulfat de sodiu ce mai rămîne în strat la ieşirea peliculei din ultima cuvă a spălării finale.

Scanned with OKEN Scanner

După cum s-a mai arătat, fixarea lungă şi terminată în soluţie concentrată măreşte foarte mult eficienţa spălării finale.

Pentru peliculele destinate unei păstrări îndelungate (materialele de arhivă, documente speciale, negative etc.) sau pentru filmele color, spălarea finală trebuie să fie lungă şi eficientă. În aceste cazuri, resturile de tiosulfat din emulsie nu trebuie să depăşească o,o5-o,1 mg/m.

Pentru peliculele ce sînt utilizate într-un interval de timp mai scurt (1-2 ani) se admit concentraţii mai mari de tiosulfat de sodiu (o,3-o,5 mg/m).

Stabilirea condiţiilor de spălare (durată, intensitate) se face şi în funcţie de tipul peliculei care se prelucrează. Astfel, pentru peliculele color şi negative, spălarea trebuie să fie mai lungă şi mai intensă, deoarece straturile de emulsie sînt mai groase decît la pelicula pozitivă alb-negru.

Viteza şi eficienţa spălării depind de asemenea de caracteristicile apei utilizate în acest scop. Temperatura apei este indicat să fie cuprinsă între 14 şi 2o°C. La unele procese de prelucrare color se recomandă termostatarea prealabilă a apei, pentru ca aceasta să posede aceeaşi temperatură ca şi restul soluţiilor. Prin aceasta se evită trecerile repetate ale peliculei de la o temperatură la alta, ceea ce ar provoca umflări şi contractări dăunătoare ale gelatinei.

Apa de spălare nu trebuie să conţină impurităţi în suspensie, ca, de exemplu: nisip, oxizi, substanţe organice etc. În aceste cazuri se cere ca înainte de întrebuinţare apa să fie filtrată.

Duritatea apei de spălare trebuie să fie medie.

La o duritate prea redusă, gelatina se umflă exagerat de mult, ceea ce poate duce la desprinderea emulsiei de pe suport.

La durităţi exagerate există pericolul formării r e ţ e l e i d e c a l c i u, datorită precipitării sărurilor insolubile de calciu.

Sistemele de spălare ale maşinilor de developat pot fi de mai multe feluri, şi anume:

- sistemul de spălare în cascadă;
- sistemul de spălare intensivă;
- sistemul de spălare intensivă cu jeturi;
- sistemul de spălare mixtă.

Sistemul de spălare în cascadă. Spălarea se realizează în grupuri de cîte 2-3 sau mai multe cuve, în care apa este trimisă în contracurent (fig.1o5). Fiecare grup de cuve reprezintă o cascadă, în care alimentarea cu apă curată se face prin ultima cuvă, iar după spălare, apa impurificată se elimină din prima cuvă. Rezultă că într-o cascadă spălarea se face în aceeaşi apă.

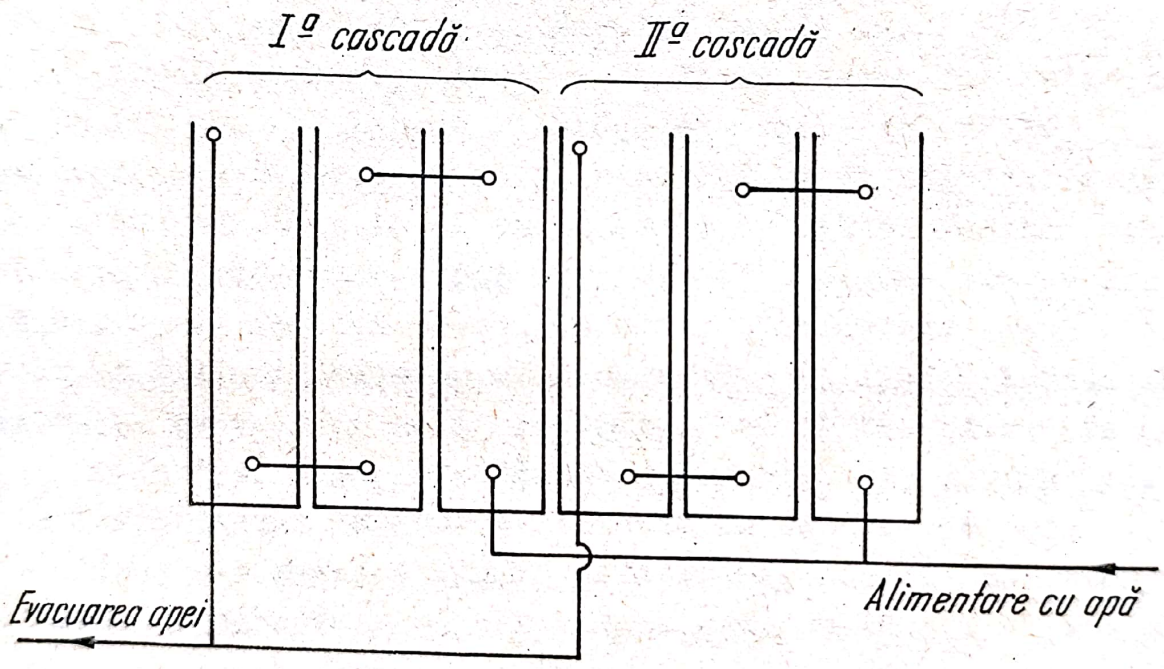



Fig.1o5. Schema sistemului de spălare în cascadă.

Eficienţa spălării în cascadă este satisfăcătoare, iar consumul de apă este redus.

Sistemul de spălare în cascadă nu poate rezolva integral necesităţile unei maşini de developat, datorită faptului că viteza de spălare este relativ scăzută. De aceea, acest sistem se foloseşte în combinaţie cu alte sisteme.

Sistemul de spălare intensivă.La acest sistem, alimentarea cu apă a fiecărei cuve de spălare se face individual.După cum rezultă din figura 1o6, apa se introduce prin partea inferioară a cuvei şi se evacuează prin partea superioară.

Spălarea este mai eficace decît la sistemul în cascadă, însă consumul de apă creşte în mod simţitor.

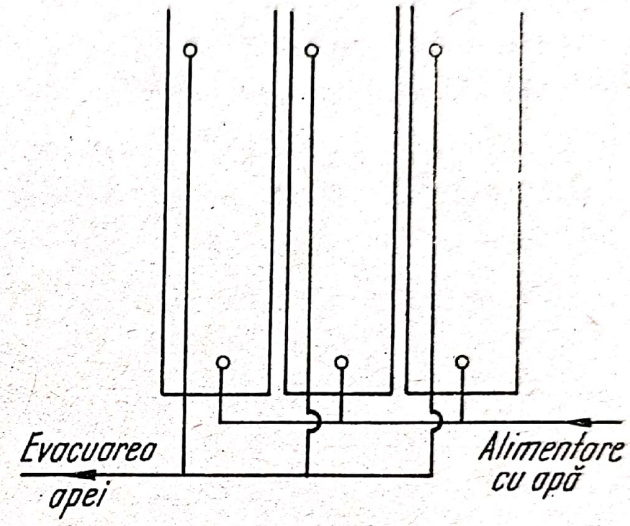



Fig.1o6. Schema sistemului de spălare intensivă.

Sistemul de spălare intensivă cu jeturi. Este de asemenea o spălare intensivă cu alimentare şi evacuare separată a apei în fiecare cuvă (fig.1o7).

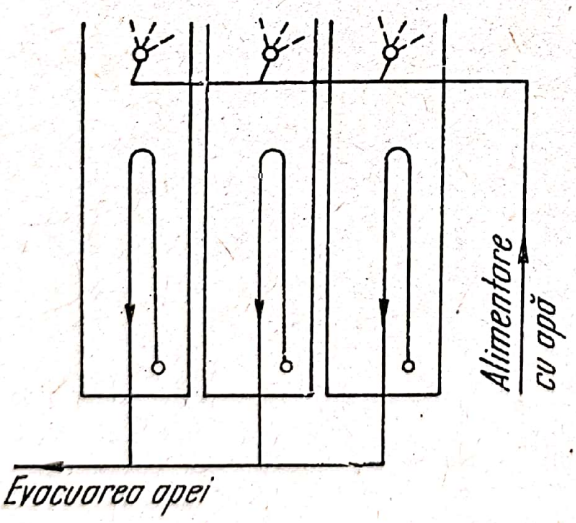



Fig.1o7. Schema sistemului de spălare intensivă cu jeturi.

De obicei, nivelul apei se află la 2/3 din înălţimea cuvei, iar în partea superioară a acesteia sînt montate ţevi cu duze prin care apa este trimisă sub formă de jeturi la supra -

fața emulsiei. Se obțin rezultate foarte bune, dacă distanța dintre duze este de circa 2,5 m, iar viteza jetului este de aproximativ 2 m/s. Mărirea suplimentară a numărului de duze și a vitezei de stropire duce doar la mărirea inutilă a consumului de apă.

Uneori, duzele se află sub nivelul lichidului, cuvele fiind umplute în întregime cu apă.

Recent, în scopul scurtării procesului de developare, a început să se folosească din ce în ce mai des spălarea integrală cu jeturi, apa aflîndu-se doar pe fundul cuvei.

În general, viteza procesului de spălare cu jeturi este maximă, dar în același timp, crește și consumul de apă.

Sistemul de spălare mixtă. Spălarea mixtă se compune din combinarea sistemelor de spălare expuse mai înainte, adică a spălărilor în cascadă, intensivă și intensivă cu jeturi.

Această combinare se face de obicei la spălările mai lungi, cele scurte fiind în exclusivitate intensive.

În figura 108 este redată schema unei spălări finale mixte, care constă dintr-o spălare inițială intensivă cu jeturi, din două cascade succesive și dintr-o nouă spălare intensivă cu jeturi la sfîrșit.

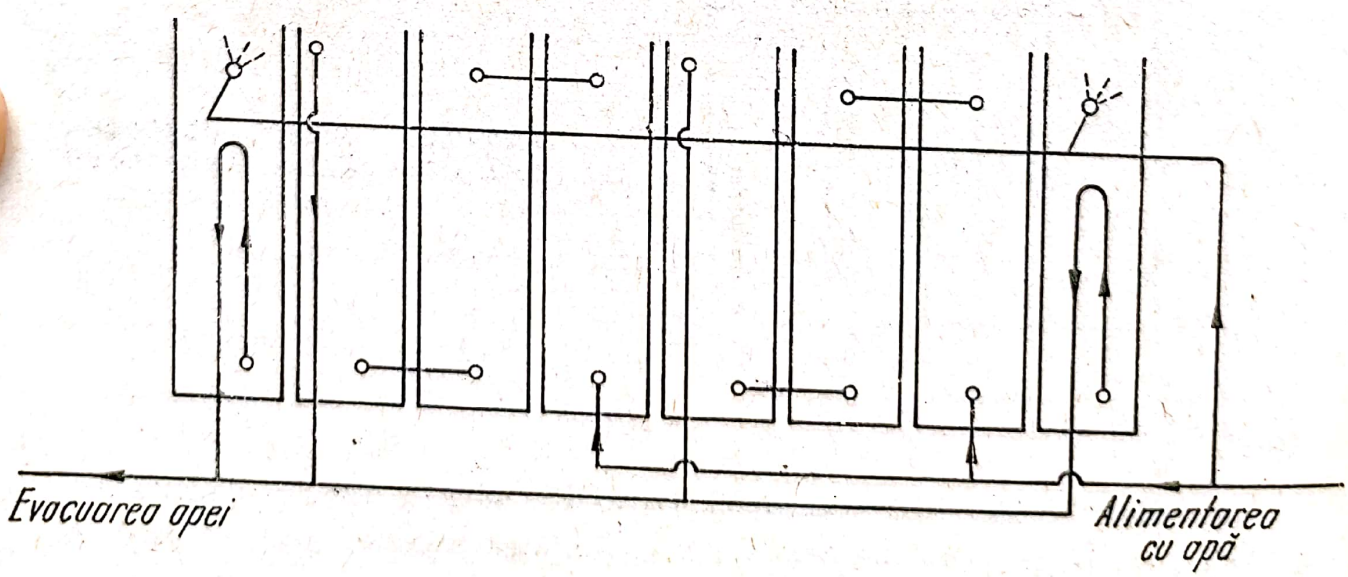



Fig.108. Schema sistemului de spălare mixtă.

## 2. Tehnica şi realizarea tehnologică a procesului de înălbire a peliculelor color.

Procesul de înălbire a peliculelor color are rolul de a transforma argintul metalic din imagine în combinaţii care ulterior se îndepărtează din cele trei straturi de emulsie.

Această transformare se realizează,după cum se ştie,prin oxidarea argintului,fie cu ajutorul fericianurei de potasiu, $K_3Fe(CN)_6$ (la majoritatea proceselor color),fie cu bicromat de potasiu, $K_2Cr_2O_7$ (la unele procese color).

În compoziţia soluţiei de înălbire mai intră bromura de potasiu, care acţionează ca accelerator al reacţiei principale. Uneori se introduc anumite substanţe pentru mărirea capacităţii-tampon.

Realizarea unei importante capacităţi-tampon este foarte utilă, deoarece modificările de pH provoacă dezechilibrarea culorilor.

Întrucît soluţiile de înălbire funcţionează în mediu acid, în scopul tamponării se utilizează următoarele cupluri de substanţe: fosfat monopotasic ($KH_2PO_4$) - fosfat disodic ($Na_2HPO_4$) sau acid acetic ($CH_3COOH$) - acetat de sodiu($CH_3COONa$).

Întrucît procesul de înălbire este total, adică argintul se îndepărtează practic în întregime din imagine şi se întrebuinţează soluţii concentrate, controlul stabilităţii şi al eficacităţii procesului se face cu uşurinţă. Se controlează periodic prin determinări densitometrice dacă rămîne argint în densităţile mari ale imaginii. Se determină pe cale chimică de asemenea conţinutul în substanţe de bază şi în substanţele ce se acumulează, care pot constitui o frînă a desfăşurării înnălbirii.

Procesul de înălbire se desfăşoară de obicei într-o soluţie unică (mai multe cuve legate între ele). Surplusul de soluţie se captează, se depozitează şi se supune ulterior operaţiei de regenerare, care se poate realiza (în cazul soluţiei cu fericianură de potasiu) pe cale electrolitică sau prin tratare cu brom.

Scanned with OKEN Scanner

Fericianura de potasiu şi bicromatul de potasiu atacă foarte puternic fierul şi aliajele sale. Din această cauză, toate instalaţiile (pompe, conducte, cuve etc.) trebuie executate din materiale rezistente la acţiunea corosivă a acestor două substanţe.

## Capitolul XI

## MAŞINILE DE DEVELOPAT

### 1. Principalele condiţii tehnice impuse maşinilor de developat

Realizarea developării materialelor fotosensibile în general necesită îndeplinirea unui minimum de condiţii tehnice şi tehnologice.

Developarea unor mici cantităţi de materiale fotosensibile se poate realiza cu mijloace relativ simple şi cu toleranţe mai largi în privinţa tehnologiei.

În cinematografie însă, situaţia este alta. Producţia de filme necesită developarea unor cantităţi enorme de peliculă, de ordinul milioanelor de metri. Calitatea fotografică a imaginii trebuie să fie foarte ridicată şi riguros constantă pe parcursul întregii lungimi a unui film. Starea suprafeţelor peliculei şi starea mecanică a perforaţiilor este necesar să se prezinte în condiţii optime, pentru a satisface exigenţele prezentării pe ecran, unde imaginea este mărită de sute de ori, iar numărul de rulări este foarte mare. În plus peliculele cinematografice şi în special imaginile negative au o valoare extrem de ridicată, ceea ce impune o securitate maximă a acestor materiale în timpul developării.

În concluzie, developarea peliculelor cinematografice trebuie să se facă astfel încît să se asigure o calitate fotografică şi mecanică optimă, o securitate maximă a materialelor prelucrate, precum şi productivitate corespunzătoare.

Toate aceste condiţii sînt realizate în practică prin developarea mecanizată a peliculelor în maşini moderne de developat.

M a ş i n i l e d e d e v e l o p a t sînt nişte agregate complexe în care se efectuează în mod continuu prelucrarea chimico-fotografică, spălarea şi uscarea peliculelor.

Aceste maşini trebuie să îndeplinească următoarele condiţii tehnice principale:

- efectuarea transportului continuu al peliculei prin cuve şi prin dulapul de uscare, asigurînd astfel o protecţie maximă a suprafeţelor şi a perforaţiilor;
- realizarea agitării, termostatării şi filtrării soluţiilor de prelucrare, în special a soluţiei de revelator;
- asigurarea regenerării continue a soluţiilor prin adaos de soluţie de compensare, pentru a menţine constante activitatea chimică şi nivelul acestora;
- efectuarea spălării peliculei cu apă curată şi în cantitate suficientă;
- asigurarea uscării peliculei cu aer filtrat şi condiţionat, astfel încît emulsia să se usuce normal;
- prezenţa unor dispozitive automate de încărcare şi descărcare continuă a peliculei, de îndepărtare a picăturilor de pe suprafeţe, de semnalizare şi de blocare, de control etc.

## 2. Schema de principiu a maşinii de developat

Maşinile de developat diferă între ele din punct de vedere constructiv în funcţie de tipul peliculei prelucrate, de condiţiile de exploatare şi de concepţiile constructive de rezolvare a diferitelor părţi componente. Cu toate aceste dife-

renţe, maşinile de developat sînt construite pe baza unor principii generale unice rezultate din condiţiile tehnice pe care trebuie să le îndeplinească.

În figura 1o9 este redată schema de principiu a unei maşini de developat destinată prelucrării peliculei alb-negru.

După cum se poate observa din figură, maşina de developat constă din următoarele părţi componente:

- mecanismul transportor al peliculei;
- cuvele pentru soluţii şi pentru apa de spălare;
- instalaţia de uscare;
- instalaţiile şi dispozitivele pentru agitare, termo - statare şi filtrare;
- instalaţia şi dispozitivele de dozare;
- dispozitive pentru îndepărtarea picăturilor, pentru semnalizare şi blocare.

Mecanismul transportor asigură deplasarea continuă a peliculei prin cuvele şi dulapul de uscare al maşinii de developat.

El se compune din următoarele părţi: caseta debitoare 1, dispozitivul pentru blocarea peliculei 2, dulapul de încărcare 3, traiectul 4 pentru transportul peliculei în camera obscură, traiectul 5 pentru transportul peliculei în camera luminoasă, traiectul 6 pentru deplasarea peliculei prin dulapul de uscare, dulapul de descărcare 7, dispozitivul 8 pentru blocarea peliculei şi caseta receptoare 9.

Cuvele maşinii de developat servesc pentru realizarea proceselor chimico-fotografice şi a proceselor de spălare în ordinea prescrisă de regimul tehnologic de developare.

În cazul nostru, în cuvele lo se află soluţia de revelator, în cuva 11 apa pentru spălarea intermediară, în cuvele 12 soluţia de fixare, iar în cuvele 13 şi 14, apa pentru spălarea finală. Volumul şi numărul cuvelor sînt corelate cu durata fiecărui proces în parte.

Instalaţia de uscare asigură uscarea peliculei care a fost supusă prelucrării chimico-fotografice şi spălării. Uscarea se efectuează cu aer condiţionat, adică cu aer cu o anumită temperatură şi umiditate relativă.

Scanned with OKEN Scanner

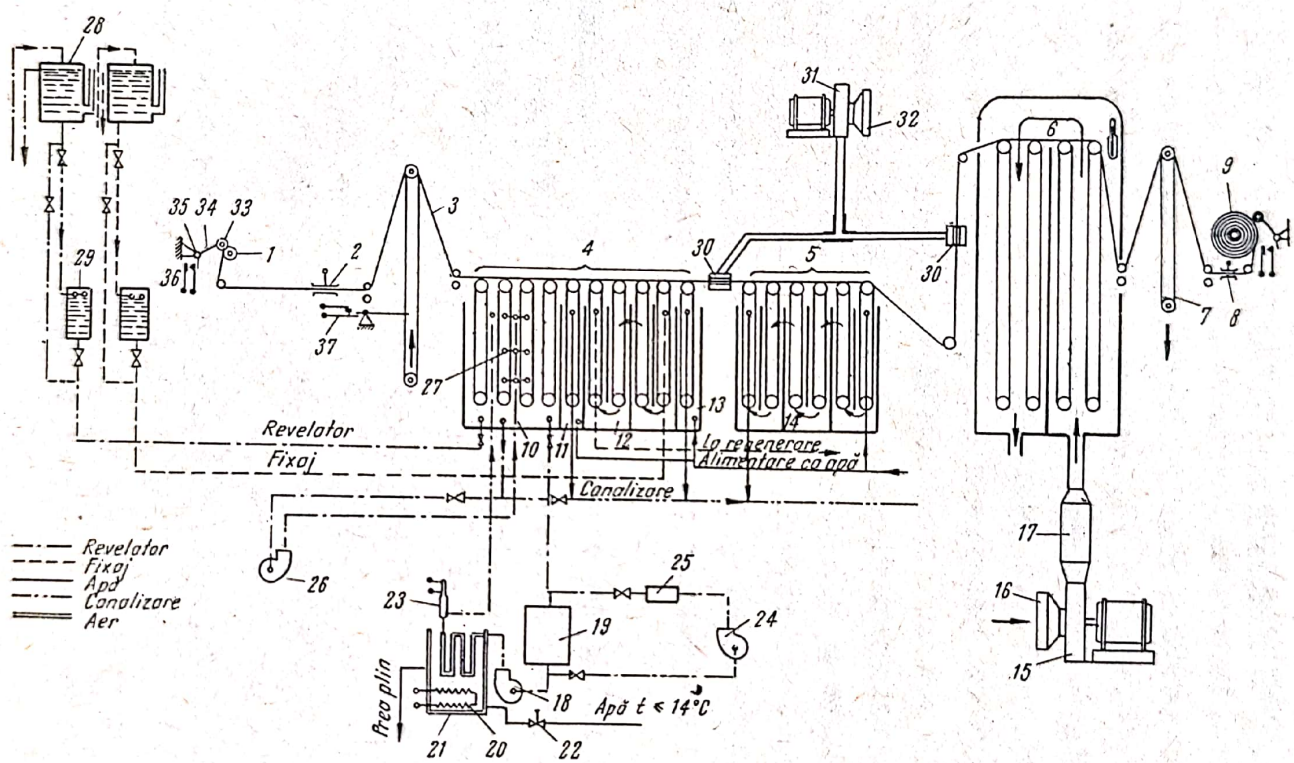



Fig.109. Schema de principiu a mașinii de developat.

Instalaţia de uscare constă din dulapul de uscare, în care se realizează operaţia propriu-zisă de uscare, ventilatorul 15, montat pe acelaşi ax cu motorul său de antrenare, filtrul pentru curăţirea aerului 16 şi camera de încălzire 17. Pentru simplificare, în cazul de faţă aerul pentru uscare aspirat din încăpere este doar încălzit, fără să i se modifice umiditatea.

Sistemul de termostatare asigură menţinerea în limitele tehnologice admisibile a temperaturii soluţiilor de prelucrare şi în special a revelatorului. Reglarea temperaturii soluţiilor se face de obicei în mod automat prin încălzire (cu rezistenţe electrice) sau prin răcire (cu apă rece), în funcţie de temperatura mediului ambiant.

Sistemul de termostatare a revelatorului se compune din pompa 18, vasul-tampon 19 (care măreşte volumul general de revelator) şi din termostatul 2o, în care încălzirea se realizează cu rezistenţele electrice 21, iar răcirea cu ajutorul apei reci care se introduce prin electrovana 22. Conectarea rezistenţelor electrice 21 saua electrovanei 22 se face în mod automat prin impulsurile primite de la termometrul cu contact electric 23.

Sistemul de filtrare efectuează filtrarea continuă sau periodică a soluţiilor. În exemplificarea din figura 1o9, filtrarea se face periodic cu ajutorul pompei 24 şi a filtrului 25, care sînt legate în paralel cu vasul-tampon.

Sistemul de agitare a soluţiei de revelator constă din pompa 26, care absoarbe soluţia direct din cuve şi o retrimite sub presiune la suprafaţa peliculei prin grebla de distribuţie 27 şi apoi printr-o serie de duze.

Sistemul de dozare a soluţiilor se compune din două bazine de alimentare 28, denumite vase de presiune, în care se află soluţiile de compensare de revelator şi de fixaj, care se introduc treptat în cuvele maşinii prin intermediul dozatorilor 29.

Dispozitivul de îndepărtare a picăturilor de pe suprafeţele peliculei se compune în cazul de faţă din doi suflători de picături 30, montaţi la ieşirea din fixaj şi la intrarea în dulapul de uscare. În suflătorii de picături se trimite aer sub presiune cu ajutorul ventilatorului 31, prevăzut cu filtrul 32.

Sistemul de semnalizare are rolul de a emite un semnal sonor de alarmă cu 1,5-2 min înainte de terminarea bobinei din caseta debitoare sau cu 1,5-2 min înainte de a se umple caseta receptoare.

În figura 109, rola 33 se sprijină pe bobina cu peliculă, rotindu-se pe axul pîrghiei 34. Pîrghia 34 se roteşte liber pe axul 35. În momentul închiderii contactului 36 se conectează circuitul soneriei.

Sistemul de blocare asigură oprirea automată a maşinii. Acest sistem este montat în dulapul de încărcare şi intră în funcţiune întrerupînd contactul 37, cînd căruciorul dulapului ajunge la limita superioară admisibilă.

## 3. Mecanismul transportor

Mecanismul transportor al maşinii de developat constă din patru părţi principale:

- un electromotor de acţionare;
- un sistem de reducere a turaţiei;
- un sistem de transmisie a mişcării;
- o serie de role pentru transportul peliculei, montate pe axe în lungul traiectului maşinii.

Reducerea turaţiei se realizează cu ajutorul unui reductor, iar transmisia mişcării de la acest reductor la axele cu role ale maşinii se face fie prin intermediul unui lanţ sistem Gall, fie printr-un angrenaj cu pinioane. La unele maşini, viteza poate fi modificată în mod continuu cu ajutorul

unui v a r i a t o r de viteză montat între electromotorul de acţionare şi sistemul de transmisie a mişcării.

Pelicula parcurge cuvele maşinii şi dulapul de uscare trecînd pe rînd peste fiecare rolă. Rolele sînt de două feluri:

- role libere, care se rotesc liber pe axe;
- role de antrenare, care sînt fixate rigid pe axe şi antrenează pelicula în mişcare.

Pentru ca pelicula să poată forma în fiecare cuvă una sau mai multe bucle, rolele se montează la două niveluri:

- rolele superioare se montează pe axele care sînt legate de obicei cu sistemul de transmisie a mişcării şi care se află în poziţie fixă în partea superioară a cuvelor;
- rolele inferioare sînt montate pe un ax aflat în partea de jos a cuvei.

Ansamblul rolelor inferioare, care de cele mai multe ori este mobil pe verticală, se cheamă c ă r u c i o r.

Rolele de antrenare se împart de asemenea în două categorii, în funcţie de sistemul prin care se face transportul peliculei, şi anume:

- r o l e d i n ţ a t e, care transportă pelicula cu ajutorul dinţilor ce pătrund în perforaţiile acesteia;
- r o l e d e f r i c ţ i u n e, care antrenează pelicula prin suprafaţa de contact dintre suportul peliculei şi suprafaţa de lucru a rolei.

Profilul rolelor prezintă în partea centrală un decupaj (fig.11o), pentru ca suprafaţa de lucru a rolei să vină în contact numai cu părţile laterale ale peliculei, spre a se proteja astfel suportul de defecte mecanice.

Mecanismele transportoare ale maşinilor de developat pot fi clasificate în primul rînd după n u m ă r u l d e b u c l e pe care îl face pelicula pe un ax. Conform acestui criteriu deosebim:

- mecanisme transportoare cu o singură buclă;
- mecanisme transportoare cu bucle multiple.

Al doilea criteriu de clasificare îl constituie s i s t e m u l d e r o l e prin care se face transportul peliculei (dinţate sau de fricţiune). În funcţie de acest criteriu vom avea:

- mecanisme transportoare cu role dinţate;
- mecanisme tansportoare cu role de fricţiune.

Ca urmare a acestor două clasificări, fiecare mecanism de transport se poate caracteriza din ambele puncte de vedere. Astfel, de exemplu, există mecanisme transportoare cu bucle multiple, fie cu role dinţate, fie cu role de fricţiune.

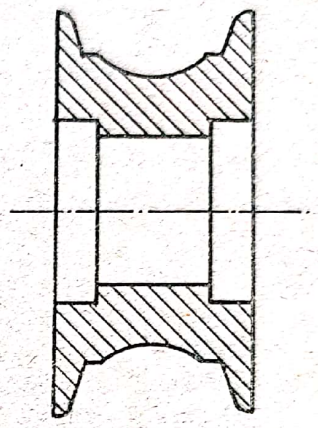


Fig.110. Rolă liberă (secţiune).

Mecanisme transportoare cu o singură buclă. Acest mecanism unde pelicula formează o singură buclă la fiecare ax (fig.111) prezintă două mari dezavantaje:

- pelicula trece cu emulsie peste jumătate din numărul rolelor maşinii, ceea ce duce la dislocarea gelatinei pe margini;
- pentru aceeaşi lungime a traiectului, productivitatea maşinii este cu mult mai redusă.

Cu toate că acest mecanism permite o apropiere maximă a rolelor inferioare de cele superioare, datorită dezavantajelor enumerate mai sus nu se mai utilizează în practică în perioada actuală.

Mecanisme transportoare cu bucle multiple. La aceste mecanisme, pelicula formează mai multe bucle pe aceeaşi pereche de axe (fig.112), după care trece pe axul următor.

Pentru o lungime identică a traiectului maşinii de developat, productivitatea creşte proporţional cu numărul de bucle. În acelaşi timp, la productivitate egală gabaritul maşinii de developat va fi mai mic decît la mecanismul cu o singură buclă pe ax.

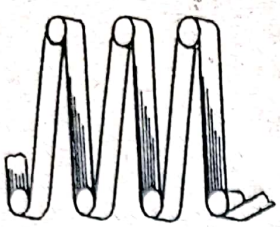


Fig.111.Schema mecanismului transportor cu o singură buclă.

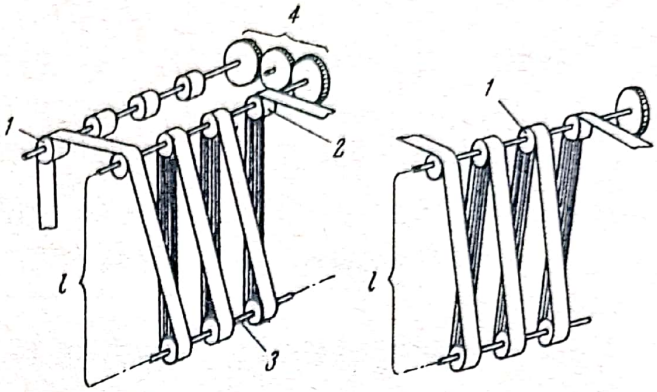



Fig.112.Schema mecanismului transportor cu bucle multiple.

După cum se poate observa în figura 113,la trecerea de pe o rolă superioară pe cea inferioară pelicula suferă o răsucire datorită decalajului de poziţie dintre cele două role. Pentru ca pelicula să nu sară de pe role,distanţa dintre cele două axe $\ell$ nu poate fi micşorată prea mult.Valoarea minimă a distanţei $\ell$ este determinată de mărimea unghiului $\alpha$ şi a pasului rolelor t.

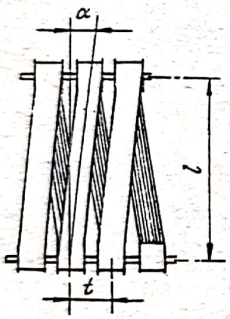



Fig.113.Schema răsucirii peliculei la mecanismul cu bucle multiple.

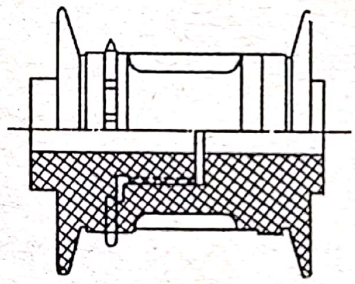


Fig.114. Rolă dinţată (secţiune).

De exemplu,pentru pelicula de 35 mm la t = 47 mm,distanţa dintre axul inferior şi cel superior nu trebuie să fie mai mică de 500-600 mm.

Mecanismul transportor cu bucle multiple prezintă şi avantajul că pelicula trece peste toate rolele numai cu suportul, ceea ce asigură integritatea gelatinei.

Mecanisme transportoare cu role dinţate. La aceste mecanisme, care pot fi cu o singură buclă sau cu mai multe bucle, antrenarea peliculei în mişcare se realizează cu role dinţate.

Pe una din cele două borduri de lucru ale acestor role (fig. 114) este montată o coroană dinţată executată din oţel

inoxidabil sau din material plastic. Pasul dinţilor este identic cu pasul perforaţiei peliculei, iar profilul lor are o astfel de formă încît le permite intrarea cu uşurinţă în perforaţii.

De obicei, la mecanismele cu bucle multiple (v.fig.112) rolele dinţate 1 şi 2 sînt plantate rigid, cîte una pe fiecare ax superior. Restul rolelor sînt libere.

Căruciorul cu rolele inferioare, care sînt de asemenea libere, este susţinut de către buclele peliculei şi poate culisa pe verticală pe un şanţ de ghidare.

Astfel, distanţa $\ell$ dintre axul superior şi cel inferior 3 este variabilă. Prin modificarea distanţei $\ell$ se poate realiza schimbarea timpului de prelucrare.

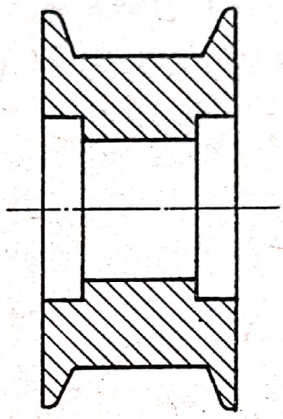


Fig.115. Rolă de fricţiune (secţiune).

Mecanismul transportor cu role dinţate este simplu din punct de vedere constructiv şi uşor de exploatat. În acelaşi timp,el supune pelicula la serioase solicitări mecanice, care uneori forţează şi chiar rup perforaţiile.

Mecanisme transportoare cu fricţiune. În acest caz, antrenarea peliculei se face cu ajutorul rolelor de fricţiune, care sînt montate rigid pe axul motor.

La acest tip de role (fig.115), suportul peliculei vine în contact cu suprafaţa de lucru a rolei de fricţiune, care uneori este placată cu cauciuc pentru a mări aderenţa. Restul rolelor sînt libere ca şi în cazul precedent.

Distanţa $\ell$ dintre axul superior şi cel inferior nu se poate menţine constantă datorită alunecării peliculei pe rolele de fricţiune. Din acest motiv, ambele axe se fixează în anumite poziţii, pentru ca $\ell$ să rămînă constantă în timpul lucrului.

Forţa de întindere a peliculei în timpul funcţionării maşinii trebuie să fie permanent aceeaşi. În caz contrar, buclele peliculei se pot lărgi, ceea ce poate provoca deteriorarea suprafeţelor şi chiar distrugerea materialelor.

Pentru a exclude acest fenomen negativ, se utilizează diferite dispozitive speciale de compensare a tensiunilor de întindere a peliculei, care complică în mod substanţial mecanismul transportor.

Dulapurile de încărcare şi descărcare. Dulapurile de încărcare şi de descărcare sînt dispozitive ale mecanismului transportor care au rolul de a asigura condiţii optime de desfăşurare a operaţiilor de încărcare şi de descărcare a peliculei în timpul funcţionării maşinii.

Dulapul de încărcare, care este situat imediat după caseta debitoare, constituie o rezervă de peliculă care alimentează maşina de developat în timpul cît se efectuează încărcarea unei noi bobine.

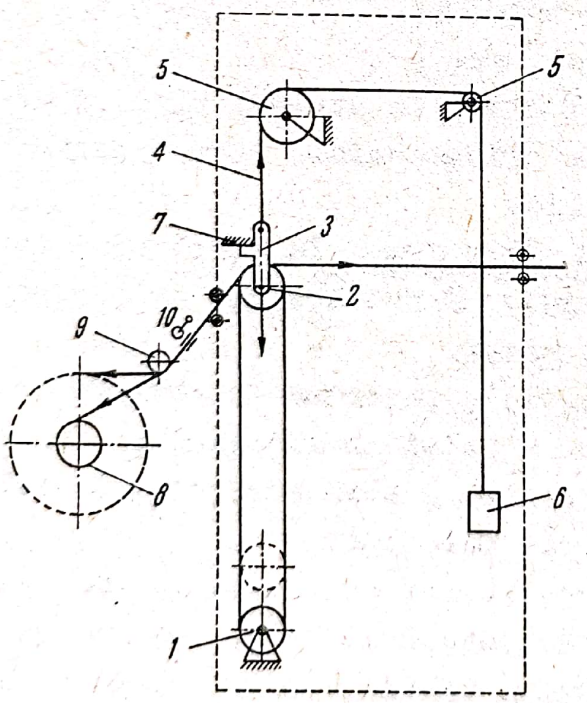



Fig.116.Schema construcţiei dulapului de încărcare.

Schema acestui dispozitiv este redată în figura 116. După cum reiese din această schemă, dulapul de încărcare este prevăzut la partea inferioară cu o serie de role ce se rotesc pe axul 1. Rolele superioare se rotesc liber pe axul 2,care este fixat pe căruciorul mobil pe verticală 3. De acest cărucior este prins cablul 4, care trece peste scripeţii 5 şi care are la celălalt capăt contragreutatea 6. Această contragreutate este astfel aleasă încît,în condiţii normale de lucru,căruciorul mobil 3 să ocupe poziţia superioară maximă limitată de suportul 7.

Pelicula părăseşte caseta debitoare 8, trece peste rola de ghidare 9, traversează dispozitivul de stopare 10, trece apoi peste rolele superioare şi inferioare ale dulapului de încărcare şi pătrunde, în ultimă instanţă, în cuvele maşinii de developat.

Pentru a încărca o nouă bobină de peliculă, se acţionează dispozitivul de stopare 10 care prinde pelicula între presorii săi. Se opreşte astfel alimentarea cu peliculă a dulapului de încărcare. Maşina de developat continuă să funcţioneze alimentîndu-se cu peliculă din cantitatea existentă în dulap, ceea ce duce la coborîrea treptată a căruciorului mobil.

După ce se termină încărcarea bobinei, se deconectează dispozitivul de stopare, astfel că pelicula începe să pătrundă din nou în dulapul de încărcare. Căruciorul mobil 2 începe să se ridice pînă cînd ocupă poziţia sa iniţială.

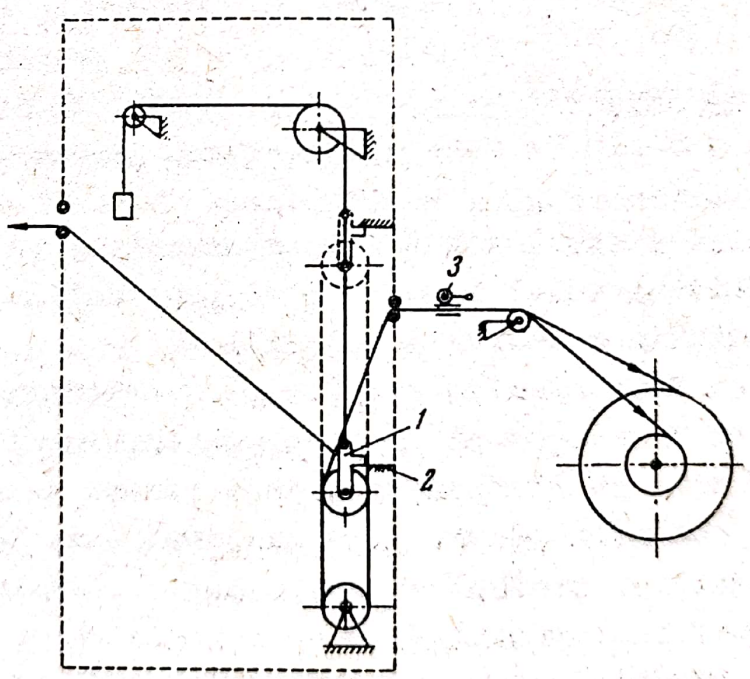



**Fig.117. Schema construcţiei dulapului de descărcare.**

Scanned with OKEN Scanner

Dulapul de descărcare este situat după dulapul de uscare şi reprezintă o capacitate de rezervă care se umple cu peliculă în timpul necesar descărcării unei bobine din caseta receptoare.

Schema dulapului de descărcare este redată în figura 117. Spre deosebire de dulapul de încărcare, la dulapul de descărcare căruciorul cu role 1 aflat în partea superioară ocupă, în condiţii normale de lucru, poziţia de jos, limitată de suportul 2.

Pentru a descărca bobina din caseta debitoare se acţionează dispozitivul de blocare 3, după care se poate începe operaţia de descărcare. În acest timp, pelicula venită de la uscare se acumulează în dulapul de descărcare.

4. Cuve şi bazine pentru soluţii

a. Cuvele maşinii de developat. Maşinile de developat sînt prevăzute cu o serie de cuve care servesc pentru efectuarea prelucrării foto-chimice şi a spălărilor.

Cuvele se execută din diferite materiale plastice (viniplast, polietilenă etc.) sau din oţel inoxidabil, pentru a nu fi supuse acţiunii corosive a soluţiilor.

Forma şi dimensiunile cuvelor sînt determinate de construcţia maşinii de developat şi de tipul materialului utilizat.

Există cuve cu dimensiuni reduse pentru un singur ax de role şi cuve mai mari pentru două sau trei axe. Lăţimea cuvelor este determinată de numărul de bucle. Astfel, cuvele cele mai înguste se vor întîlni la mecanismele transportoare cu o singură buclă pe ax. La unele maşini moderne se întrebuinţează cuve foarte late pentru 10-12 bucle, în scopul realizării unor maşini cît mai compacte sau pentru mărirea productivităţii.

C u v e l e  d e  v i n i p l a s t, care se utilizează pe o scară foarte largă, se confecţionează din plăci, prin sudură cu aer cald. Pentru a preîntîmpina deformarea cuvelor cu

dimensiuni mai mari, se aplică în jurul lor centuri metalice sau din material plastic.

În figura 118 este redată schema unei cuve simple din viniplast.

În ultimul timp s-au elaborat cuve din oţel inoxidabil cu peretele din faţă demontabil, ceea ce uşurează controlarea şi curăţirea lor periodică în interior.

b. Bazine de presiune.Bazinele de presiune se confecţionează în majoritatea cazurilor din materiale plastice,în special din viniplast, şi sînt prevăzute cu capace etanşe pentru micşorarea oxidării.

Sînt bazine simple în care se introduc soluţiile de compensare cu care se alimentează, prin dozatori, maşinile de developat. Ele se montează deasupra maşinilor de developat, pentru ca soluţia să se scurgă prin cădere liberă. Soluţia după preparare se ridică în bazinul de presiune cu ajutorul electropompei.

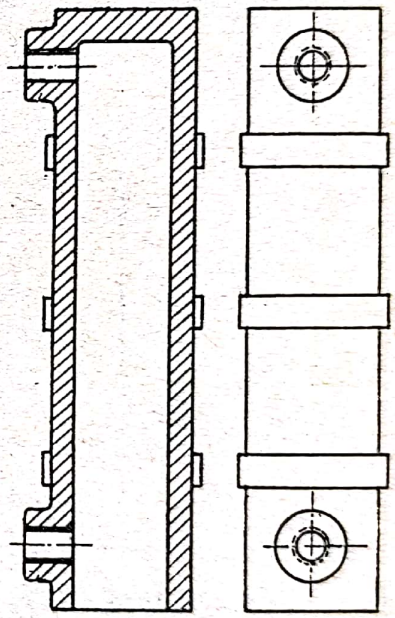


Fig.118. Schema unei cuve simple.

Deoarece bazinele de presiune se află în alte încăperi, există pericolul ca la umplerea lor să se producă deversări şi pierderi de soluţii. Pentru a evita acest lucru, se utilizează unul din următoarele procedee:

- În partea superioară a bazinului de presiune se montează o conductă de scrurgere mai groasă decît conducta de alimentare (fig.119). Această conductă de scurgere ("preaplin") este legată de bazinul de la prepararea soluţiilor, din care se face alimentarea bazinului de presiune. În momentul în care bazinul de presiune se umple, surplusul de soluţie se scurge înapoi în bazinul de alimentare. Imediat după aceasta se opreşte manual electropompa.

- În bazinul de presiune se introduce un plutitor special 8, care se ridică o dată cu creşterea nivelului soluţiei de compensare (fig.12o).

În momentul în care bazinul se umple, plutitorul deconectează un contact electric 9, care opreşte în mod automat electropompa de alimentare 4.

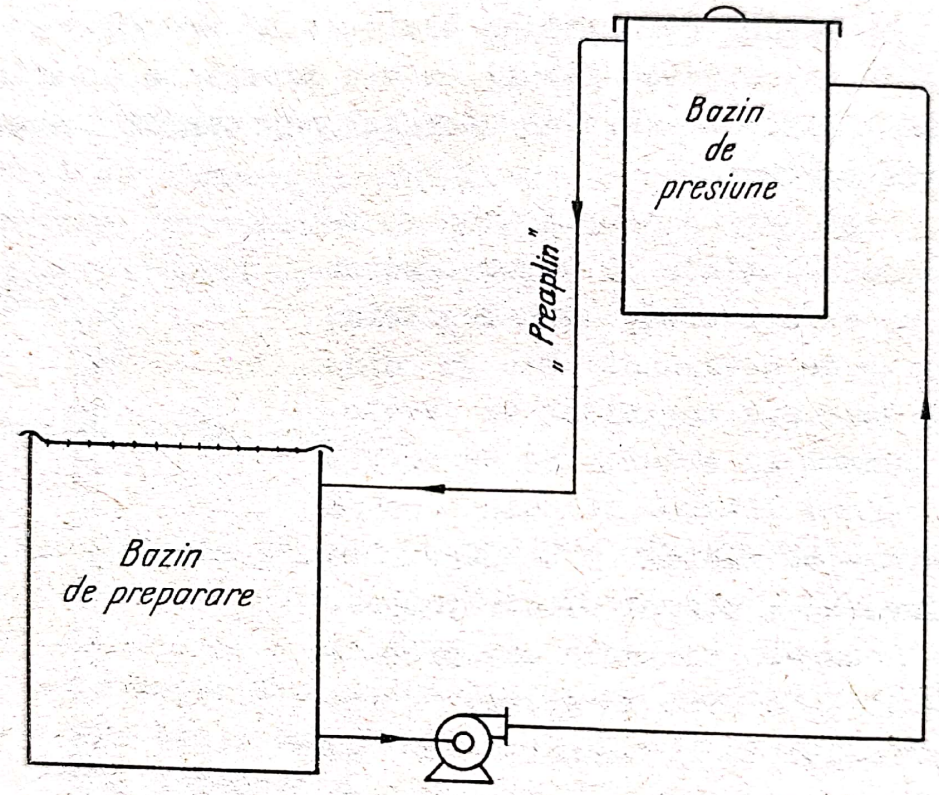



Fig.119. Schema instalaţiei de alimentare a bazinelor de presiune.

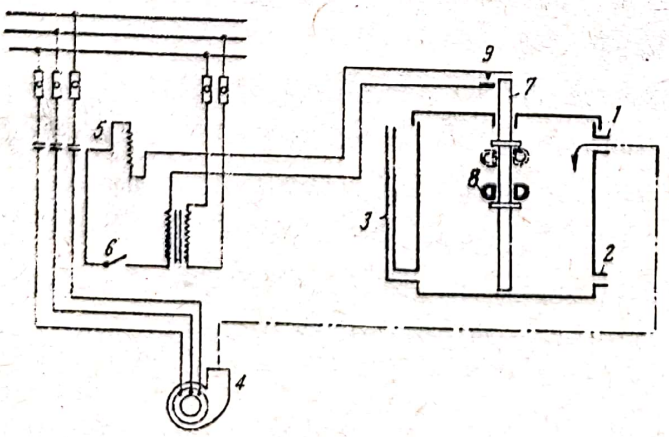



Fig.12o. Schema instalaţiei automate de alimentare a bazinelor de presiune:
1,2- ştuţuri; 3- sticlă de nivel; 4- pompă; 5- rezistenţă; 6- întrerupător; 7- tijă;8-plutitor; 9- contact electric.

5. Dispozitive de dozare (dozatorii)

D o z a t o r i i sînt dispozitive speciale care au rolul de a introduce anumite cantităţi de soluţie de compensare din bazinul de presiune în cuvele maşinii de developat.

În funcţie de modul în care se face dozarea deosebim două tipuri, principial diferite, de dozatori, şi anume:

- dozatori de compensare volumetrică;
- dozatori de compensare chimică.

D o z a t o r i i d e c o m p e n s a r e v o l u m e t r i c ă asigură menţinerea nivelului soluţiei de bază din cuvele maşinii de developat. Orice pierdere de soluţie este imediat înlocuită în mod automat. Un astfel de dozator este reprezentat schematic în figura 121.

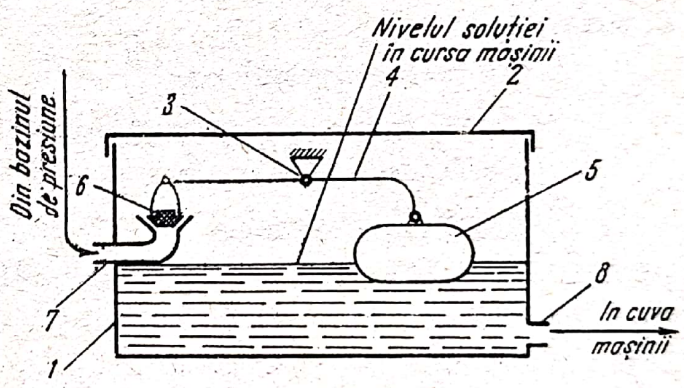



Fig.121. Schema dozatorului de compensare volumetrică.

Bazinul intermediar 1 este prevăzut cu un capac 2 şi un plutitor 5 fixat pe pîrghia 4. Pîrghia 4 se roteşte pe axul 3 şi este prevăzută la unul din capete cu o supapă de admisie 6.

Bazinul 1 este legat prin conducta 8 de cuvele maşinii de developat, astfel că nivelul soluţiilor din maşină şi din bazin este identic.

În momentul cînd nivelul soluţiei din maşină scade, plutitorul 5 coboară şi deschide, prin intermediul pîrghiei 4, accesul soluţiei de compensare, care pătrunde din bazinul de presiune în bazinul intermediar prin conducta 7.

Acest tip de dozator se întrebuinţează din ce în ce mai rar, deoarece nu compensează pierderile chimice şi prezintă

riscul unor consumuri mari de soluţii în cazul unor scurgeri întîmplătoare a soluţiei din maşină (avarii etc.).

D o z a t o r i i d e c o m p e n s a r e c h i m i c ă asigură introducerea în maşină, periodic sau în mod continuu, a anumitor cantităţi bine stabilite de soluţie de compensare.

Viteza de dozare se stabileşte în funcţie de consumul de substanţe ce se produc în urma reacţiilor chimice şi de reţeta aleasă pentru soluţia de compensare. De aici, denumirea de dozatori de compensare chimică.

Concomitent are loc şi completarea nivelului soluţiei de bază, care scade prin antrenarea sa de către peliculă.

În practică se utilizează mai multe construcţii de asemenea dozatori. Dintre acestea, cele mai importante sînt următoarele:

- dozatori mecanici;
- dozatori electromagnetici;
- dozatori cu rotametru.

Dozatorii mecanici introduc periodic în maşină o anumită cantitate (doză) de soluţie de compensare. Acţionarea acestor dozatori se face pe cale mecanică de către mecanismul transportor al maşinii de developat.

În figura 122 se află schema constructivă a unui asemenea dozator. Dozatorul se compune dintr-un cilindru transparent (din sticlă sau plexiglas) 1, în care se află o ţeavă din material plastic 2, la capătul căreia este montat plutitorul 3, care are în partea superioară un capac de cauciuc 4. Dacă plutitorul ajunge în contact cu ţeava 2, închide evacuarea aerului din cilindrul 1.

Discul excentric 5, acţionat de mecanismul transportor al maşinii, închide şi deschide periodic accesul soluţiei de compensare în dozator. În acelaşi timp evacuează periodic doza de compensare şi o trimite în maşină. Aceste operaţii se realizează prin intermediul presorilor 6 şi 7, care strangulează furtunurile de cauciuc 8 şi 9.

Scanned with OKEN Scanner

Dozatorul lucrează în patru timpi:

- Timpul I - accesul deschis şi evacuarea închisă. Soluţia pătrunde în dozator şi ridică plutitorul pînă la ţeava 2, închizînd ieşirea aerului.

- Timpul II - accesul şi evacuarea închise.

- Timpul III - accesul închis şi evacuarea deschisă. Doza din cilindrul 1 pătrunde în maşină.

Timpul IV - accesul şi evacuarea închise.

Volumul dozei se reglează prin ridicarea sau coborîrea ţevei 2 şi se corelează cu viteza maşinii de developat. Dozatorul prezintă avantajul că dozarea se întrerupe o dată cu oprirea maşinii. În acelaşi timp prezintă nesiguranţă în exploatare datorită uzurii rapide a furtunului de cauciuc.

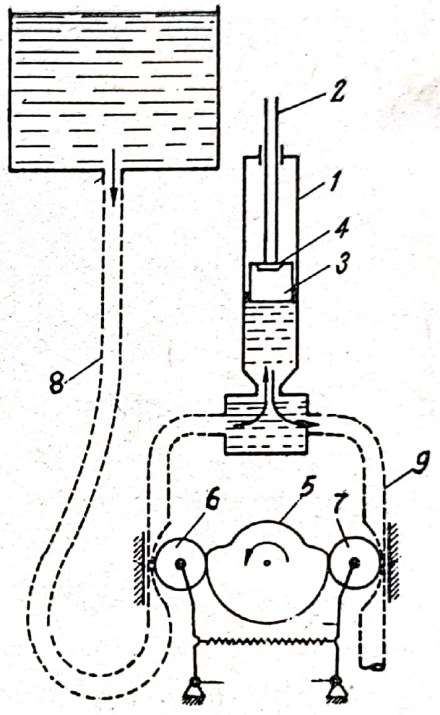



Fig.122. Schema dozatorului mecanic.

Dozatorii electromagnetici funcţionează de asemenea periodic, acţionarea lor făcîndu-se însă pe cale electromagnetică. Impulsurile pentru accesul şi evacuarea soluţiei de compensare se primesc fie de la mecanismul transportor al maşinii, fie de la un emiţător separat de impulsuri.

În primul caz, schimbarea vitezei de dozare se face prin modificarea volumului dozei. În al doilea caz se modifică numărul de impulsuri în unitatea de timp, doza rămînînd constantă. Trebuie să se facă de fiecare dată corelarea cu viteza maşinii de developat.

Acest tip de dozatori sînt mai siguri în exploatare.

Dozatorii cu rotametru (fig.123) sînt cei mai simpli din punct de vedere constructiv. Acest dozator se prezintă sub forma unui cilindru transparent 1, în interiorul căruia se află un miez metalic 2, confecţionat din oţel inoxidabil.

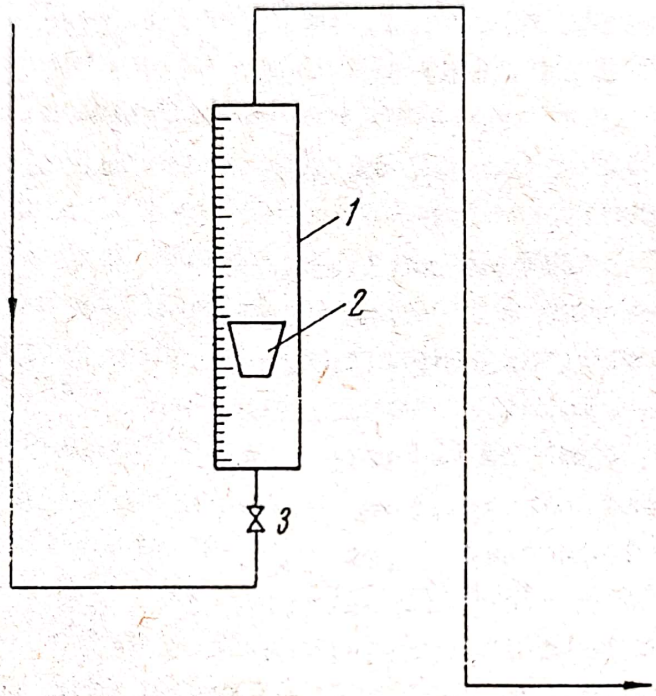



Fig.123. Schema dozatorului cu rotametru.

Greutatea acestui miez se ia în aşa fel încît soluţia care se scurge prin cilindru să-l ridice la o anumită înălţime în funcţie de debitul pe care îl are.

Cilindrul fiind gradat, viteza de dozare se citeşte direct pe dozator.

Reglarea dozării se face cu ajutorul robinetului 3. Soluţiile de compensare trebuie să fie bine filtrate, deoarece impurităţile pot deregla acest tip de dozator.

Scanned with OKEN Scanner

## 6. Instalaţiile şi dispozitivele circuitului de termostatare

Rezultatele fotografice ale procesului de developare depind în mare măsură de temperatura soluţiilor de prelucrare.

Din acest motiv, toate maşinile moderne de developat sînt prevăzute cu instalaţii şi dispozitive pentru termostatarea soluţiilor şi în primul rînd a revelatorului.

Temperatura soluţiilor din cuvele maşinii de developat tinde întotdeauna să se modifice sub acţiunea factorilor externi.

În majoritatea cazurilor, temperatura soluţiilor creşte sub influenţa căldurii mediului ambiant şi a căldurii introduse de funcţionarea pompelor.

Există şi cazuri mai rare, cînd temperatura scade sub normal datorită mediului (în special iarna), cît şi a influenţei apeide spălare (care este mai rece) transportată de către peliculă.

Menţinerea constantă în limitele prescrise a temperaturii se realizează cu ajutorul unui termostat. Soluţia circulă prin termostat şi este încălzită sau răcită (după caz) cu ajutorul unor agenţi termici.

Ca agenţi termici se utilizează de obicei apa rece (pentru răcire) şi rezistenţe electrice (pentru încălzire).

În practică se întrebuinţează o serie întreagă de tipuri de termostate care se deosebesc din punct de vedere constructiv.

Ele se confecţionează de obicei din oţel inoxidabil, iar pentru soluţia de înălbire, care este foarte corosivă, din viniplast.

În figura 124 este redată schema unui termostat 1, în care soluţia străbate o serie de ţevi din oţel inoxidabil 2, între care circulă apă rece. Pentru încălzire se folosesc rezistenţele electrice 3.

Închiderea şi deschiderea accesului apei de răcire, precum şi conectarea şi deconectarea rezistenţelor se fac în mod automat cu ajutorul unei instalaţii de automatizare acţionată de la un termometru special. În acest scop se pot întrebuinţa trei tipuri de termometre, şi anume:

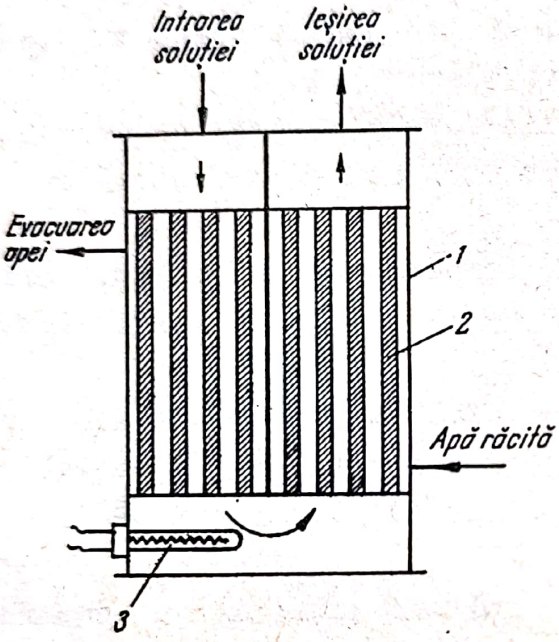



Fig.124. Schema termostatului pentru soluţii.

- termometre cu mercur;
- termometre manometrice (cu gaz sau vapori);
- termometre cu rezistenţă electrică.

Toate aceste termometre se află în soluţie şi sînt montate într-un circuit electric. În cazul cînd temperatura soluţiei iese din limitele admisibile (superioară sau inferioară), se conectează sau se deconectează circuitul electric şi se comandă în mod automat intrarea sau ieşirea din acţiune a agenţilor termici.

Scanned with OKEN Scanner

## 7. Dispozitive pentru curăţirea soluţiilor

Pentru curăţirea soluţiilor se utilizează diferite tipuri constructive de dispozitive. Din punct de vedere principial, dispozitivele de curăţire se pot împărţi în două categorii:

- dispozitive de filtrare, în care soluţia este curăţită prin trecerea prin diferite materiale filtrante (ţesături din bumbac sau material plastic, şpan din material plastic, site etc.);
- dispozitive de centrifugare, în care soluţia este curăţită prin centrifugare.

Din prima categorie face parte construcţia de filtru, a cărei schemă este redată în figura 125. În acest caz, ca material filtrant se foloseşte şpan de viniplast, care se află în interiorul corpului 1, şi sacul 2 executat din ţesătură.

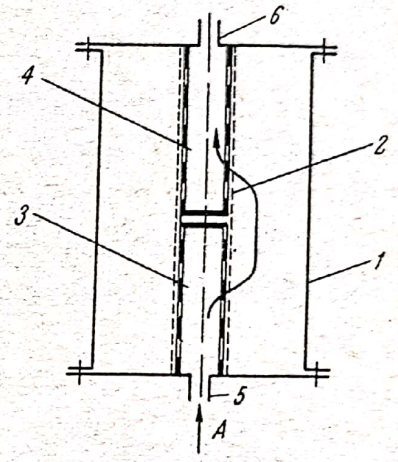



Fig.125. Schema filtrului pentru soluţii.

Sacul 2 se îmbracă peste paharele perforate din viniplast 3 şi 4. Soluţia pătrunde prin ştuţul 5, trece prin şpanul de viniplast din paharul 3, străbate peretele perforat al paharului şi sacul de filtrare 2.

Apoi, soluţia străbate din nou sacul de filtrare şi intră în paharul 4, de unde iese în exterior prin ştuţul 6. Paharele 3 şi 4, precum şi sacul de filtrare sînt demontate şi curăţate periodic.

În practică se mai utilizează şi alte tipuri de filtre din această categorie.

Astfel se foloseşte uneori filtrul cu sertar, care este prevăzut cu o ramă pe care se află o sită de susţinere şi un material filtrant.

Această ramă (denumită sertar) se poate scoate cu uşurinţă pentru a fi curăţită.

Suprafaţa de filtrare este însă redusă.

Un alt tip de filtru cu care sînt dotate maşinile moderne de developat ARRI şi Debrie se compune dintr-un cilindru metalic, în care se introduc prin suprapunere o serie de rame circulare. Pe suprafaţa fiecărei rame se aşază materialul filtrant, care este o ţesătură din material plastic. Soluţia este obligată să treacă prin aceste rame. Suprafaţa de filtrare este foarte mare, astfel că introducerea acestor filtre în circuitul soluţiilor nu reduce prea mult presiunea şi debitul pompelor.

Ca dispozitive de curăţire a soluţiilor de prelucrare se utilizează şi pompe centrifuge speciale, care separă cu ajutorul forţei centrifuge impurităţile solide.

Eficienţa acestui sistem de curăţire este foarte mare, putînd fi eliminate din soluţii chiar particulele foarte fine.

## 8. Instalaţiile pentru uscarea peliculei

Procesul de uscare a peliculei constă în îndepărtarea apei de pe suprafeţele acesteia şi în special din interiorul stratului de emulsie.

Uscarea se realizează într-un dulap special, denumit d u l a p  d e  u s c a r e, cu ajutorul unui curent de aer, filtrat şi condiţionat în prealabil, trimis de un ventilator la suprafaţa peliculei. Pelicula se deplasează prin dulapul de uscare, formînd o serie de bucle pe axe cu role după acelaşi principiu ca şi în cuvele maşinii de developat.

Viteza de uscare depinde de temperatura şi de umiditatea relativă a aerului de uscare.

Cu cît temperatura aerului va fi mai ridicată şi umiditatea sa relativă mai scăzută, cu atît uscarea va fi mai rapidă. Temperatura nu poate fi ridicată prea mult, deoarece spre sfîrşitul uscării apare pericolul topirii gelatinei.

Scanned with OKEN Scanner

Pe de altă parte, o umiditate relativă prea scăzută a aerului poate duce la suprauscare, care provoacă scorojirea peliculei.

De aceea, uscarea se efectuează în mod normal la temperaturi de 25-30°C şi la umiditatea relativă de $\varphi$ = 50-60%. Aerul căruia i se reglează parametrii (temperatura şi umiditatea) înainte de utilizare se numeşte a e r c o n d i ţ i o n a t.

Există două procedee de uscare care se deosebesc prin modul în care se efectuează pregătirea şi circulaţia aerului, şi anume:

- uscarea în circuit deschis;
- uscarea în circuit închis.

Uscarea în circuit deschis. La acest procedeu, aerul de uscare luat din mediul ambiant este filtrat şi încălzit şi apoi este introdus în dulapul de uscare.

După utilizare, aerul umed este evacuat în exterior.

Procedeul de uscare în circuit deschis este întrebuinţat îndeosebi la maşini cu gabarit redus.

Uscarea în circuit închis. La acest procedeu, aerul parcurge un circuit închis. El este mai întîi filtrat şi condiţionat (i se reglează umiditatea şi temperatura), apoi parcurge dulapul de uscare, după care este trimis din nou în sistemul de condiţionare. În continuare, ciclul se repetă.

În cele ce urmează vom descrie două variante constructive ale procedeului de uscare a peliculei în circuit închis.

Varianta I este redată schematic în figura 126.

Ventilatorul 1 absoarbe aerul umed din dulapul de uscare 2 şi îl trimite în condiţionatorul 3. Debitul aerului din această conductă se reglează prin intermediul clapetei 4.

În condiţionator, aerul parcurge mai întîi camera 5, unde cu ajutorul unor jeturi cu apă rece (8-12°C) este răcit şi uscat. Datorită scăderii temperaturii, surplusul de vapori de apă din aer condensează, micşorîndu-i-se astfel umiditatea relativă. Aerul trece apoi printr-un sistem de şicane care

reţin picăturile. La sfîrşit, aerul ajunge în camera 6, unde se încălzeşte pînă la temperatura prescrisă cu ajutorul unor rezistenţe electrice. În continuare aerul condiţionat intră în dulapul de uscare.

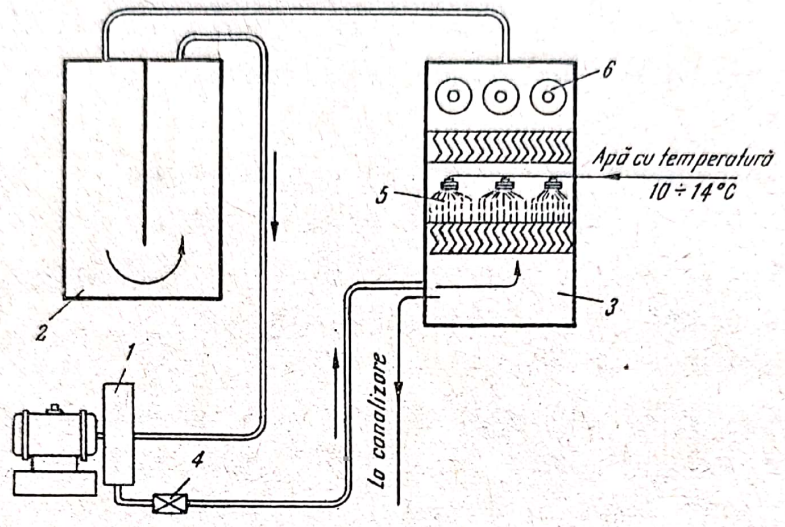



Fig.126. Schema instalaţiei de uscare în circuit închis (varianta I).

Cea de-a doua variantă a procedeului de uscare în circuit închis este prezentată schematic în figura 127.

O parte din aerul umed care iese din dulapul de uscare 1 intră în camera de răcire 3 în care se află instalaţia frigorifică 4,5. Aici, aerul se răceşte şi se usucă. La ieşire, această

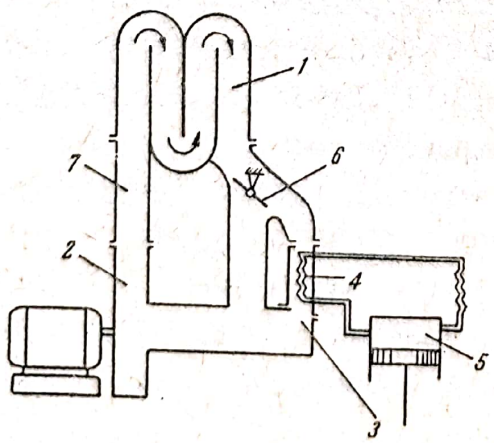



Fig.127. Schema instalaţiei de uscare în circuit închis (varianta a II-a).

parte a aerului care s-a uscat se amestecă cu cea de-a doua parte de aer umed care a ocolit camera de răcire. Prin intermediul clapetei 6 se poate interveni asupra repartiţiei cantitative a celor două coloane de aer, reglîndu-se astfel umiditatea relativă a aerului de uscare. În continuare, aerul tras de ventilatorul 2 ajunge în camera 7, unde se încălzeşte pînă la temperatura dorită cu ajutorul unui calorifer. Apoi, aerul pătrunde în dulapul de uscare.

Pentru a mări viteza de uscare, în ultimul timp, s-a introdus sistemul de uscare cu jeturi de aer cald.

Aerul condiţionat este trimis la suprafaţa emulsiei, sub presiune, prin nişte orificii plasate pe tot parcursul străbătut de peliculă. Se intensifică astfel procesul de uscare, a cărui durată scade în mod simţitor.

La maşinile moderne de developat, procesul de uscare este complet automatizat. În funcţie de tipul peliculei se fixează pe pultul de comandă temperatura şi umiditatea relativă pe care dorim să le obţinem, după care instalaţia de automatizare realizează şi menţine aceşti parametri comandaţi ai aerului de uscare.

## 9. Exploatarea maşinilor de developat

Maşinile de developat se montează în încăperi pregătite în mod special. Pereţii acestor încăperi se placheză în faianţă în întregime sau pînă la înălţimea de circa 2 m. Plafonul şi restul pereţilor se vopsesc în ulei.

Pardoseala se acoperă cu un strat hidroizolant pe bază de bitum sau de alte substanţe hidrofobe, după care se placează cu plăci antiacide.

Hidrolizarea protejează pardoseala şi planşeul de acţiunea de distrugere extrem de puternică a soluţiilor, şi în special a tiosulfatului de sodiu. Toate încăperile în care sînt montate maşinile de developat trebuie prevăzute cu o bună ventilaţie a aerului.

Maşinile de developat se construiesc în funcţie de condiţiile concrete de amplasare şi de tipul peliculei ce se va prelucra.

Din această cauză, maşinile pot fi montate la un singur nivel cu toate anexele respective sau la două nivele(parter şi etaj).

În ultimul caz, maşina de developat propriu-zisă se montează la etaj, cuvele fiind împlantate parţial în decupaje ale planşeului, pentru a uşura condiţiile de exploatare.Instalaţiile anexă se amplasează la parter.

La maşinile de construcţie mai veche, prima parte a developării (revelare, fixare) se efectuează în camere obscure, izolate prin pereţi despărţitori de partea luminoasă a maşinii, unde se efectuează ultimele procese (spălarea, uscarea).

Maşinile moderne funcţionează la lumină datorită obscurizării cuvelor cu ajutorul unor capace etanşe.

Exploatarea maşinilor de developat implică efectuarea pe etape a unor operaţii ce trebuie executate corect pentru a se putea obţine rezultatele cele mai bune.

Încărcarea iniţială a maşinii de developat. După montarea sau după revizia generală, maşina de developat trebuie încărcată cu soluţii şi cu pilot. Soluţiile se urcă în cuvele maşinii cu ajutorul pompelor direct sau trecînd prin bazinele de presiune.

Mecanismul transportor este încărcat cu o peliculă specială de racord denumită p i l o t.

Pilotul este confecţionat din acelaşi material ca şi suportul peliculei, avînd însă o grosime mai mare (circa 0,2 mm), pentru a-i mări rezistenţa mecanică. Uneori, perforaţiile au o formă pătrată şi dimensiuni mai mari. O rezistenţă substanţială mărită o are pilotul executat din materiale plastice.

Încărcarea se face ridicînd cărucioarele şi trecînd pilotul peste fiecare rolă.

Pregătirea maşinii de developat pentru lucru. Înainte de începerea lucrului se controlează starea şi nivelul soluţiilor, se verifică mecanismul transportor şi se reglează dispozitivele principale (redevelopare , ştergerea stratului antihalo etc.). În cazul cînd nivelul soluţiilor este descompletat sau se constată anumite defecţiuni mecanice se iau măsuri de îndreptare.

În continuare se porneşte circulaţia soluţiilor şi se deschide apa de spălare. Se pun în funcţiune ventilatorul aerului de uscare, ventilatoarele pentru suflătorii de picături şi alte instalaţii (vacuum etc.).

În momentul cînd temperaturile tuturor soluţiilor au ajuns la normal şi toate celelalte instalaţii funcţionează în bune condiţii se poate trece la începerea lucrului.

Executarea lucrărilor de developare. Pelicula primită pentru developare se controlează mai întîi la lumină inactinică(roşie pentru peliculele ortocromatice şi la întuneric complet pentru peliculele pancromatice), verificîndu-se starea mecanică a perforaţiilor. Porţiunile de peliculă care prezintă rupturi la perforaţii trebuie scoase, deoarece se pot sfîşia în maşină şi pot rebuta întregul material. Acest control se face prin palparea marginilor peliculei, care este derulată lent.

Se citesc cu atenţie indicaţiile de pe bonul de lucru care însoţeşte materialul şi se fixează timpul de revelare.În funcţie de construcţia maşinii de developat, fixarea timpului de revelare se face, fie prin ridicarea sau coborîrea cărucioarelor, fie prin modificarea vitezei maşinii cu ajutorul manetei respective.

Se trece apoi la încărcarea peliculei în maşină, care se face prinzînd capătul acesteia de capătul pilotului cu ajutorul unor agrafe speciale.

Se porneşte maşina şi se pun în funcţiune dispozitivele de dozare.

Scanned with OKEN Scanner

În tot timpul developării se controlează atent menţinerea parametrilor de lucru (temperatura, regimul de uscare etc) şi buna funcţionare a tuturor instalaţiilor şi dispozitivelor.

Încărcarea următoarelor bobine care au acelaşi regim de prelucrare se face din mers, utilizînd dulapul de încărcare sau, în lipsa acestuia, scoţînd de pe inelul casetei debitoare, într-un coş de pînză, ultima parte a bobinei precedente. În acest timp, alimentarea cu peliculă a maşinii de developat se face din rezerva dulapului de încărcare sau din pelicula derulată în coşul de pînză.

În cazurile cînd materialul ce trebuie încărcat necesită alt timp de revelare, această schimbare de regim se face intercalînd o bobină de pilot.

Pelicula developată şi uscată ce iese din dulapul de uscare se bobinează pe inelul casetei receptoare. În mpmentul în care a ieşit întreaga bobină, se pune în funcţiune dulapul de descărcare, pelicula se rupe la agrafare desprinzîndu-se de materialul (sau pilotul) din urma sa, şi bobina se scoate din casetă. Bobina se introduce apoi în aceeaşi cutie în care a fost înainte de developare.

Reviziile maşinilor de developat. În afară de controlul profilactic ce se efectuează zilnic, maşinile de developat sînt supuse unor revizii periodice care, în cele mai multe cazuri, sînt de două feluri:

- revizii profilactice periodice;
- revizii generale.

- Reviziile profilactice periodice se efectuează în funcţie de încărcarea şi de starea maşinii, la intervale de aproximativ o lună de zile.

Cu ocazia acestor revizii se efectuează următoarele lucrări speciale:

- se introduc soluţiile în bazinele de rezervă, unde se filtrează şi se decantează;
- se spală cuvele cu soluţie acidă, pentru îndepărtarea depunerilor de pe pereţi;

- se curăţă toate comunicaţiile şi dispozitivele anexă (termostate, filtre etc.);

- se efectuează un control mecanic sumar al mecanismelor dispozitivelor, înlocuindu-se unele piese uzate.

Reviziile generale se execută anual şi cuprind, în afară de operaţiile de la punctele 1, 2 şi 3, demontarea şi revizuirea integrală a tuturor mecanismelor, dispozitivelor şi instalaţiilor maşinii de developat. Cu această ocazie se înlocuiesc mai multe din piesele ce prezintă uzură şi care nu oferă garanţii suficiente pentru o bună funcţionare pînă la revizia generală următoare.

## 10. Principalele caracteristici tehnice ale diferitelor tipuri de maşini de developat

Maşinile de developat sînt construite în majoritatea cazurilor de către întreprinderi specializate în număr relativ redus şi numai pe baza unor comenzi ferme. În unele cazuri, mai rare, construcţia lor se efectuează de către atelierele laboratoarelor mari de prelucrare a peliculei.

Caracteristicile şi performanţele tehnice ale maşinilor de developat fabricate de către diferite firme se deosebesc destul de mult, în funcţie de sortimentul de peliculă ce se va prelucra, de procesul tehnologic ce se va utiliza, de condiţiile concrete de amplasare, de condiţiile impuse faţă de productivitate, de calitatea developării şi de nivelul tehnic şi rezolvările constructive ale întreprinderii producătoare.

Din punctul de vedere al productivităţii, maşinile de developat peliculă alb-negru se pot împărţi în trei mari categorii:

- maşini de mare productivitate (1 5ooo-4 ooo m/h), destinate tirajului de copii pozitive;

- maşini de productivitate medie (5oo-1 5oo m/h), utilizate în studiouri cinematografice şi de televiziune;

- maşini de productivitate redusă (15o-5oo m/h), pentru studiouri mai mici sau pentru laboratoarele diferitelor instituţii.

Pentru aceleaşi maşini, la peliculele color productivităţile scad datorită duratei generale mai mari a proceselor.

Din punctul de vedere al performanţelor şi al securităţii materialelor prelucrate, maşinile destinate pentru developarea peliculelor negative trebuie să fie superioare altor maşini, datorită cerinţelor deosebite faţă de calitatea imaginii şi a valorii extrem de mari a materialelor ce se prelucrează.

Deosebirile constructive dintre diferitele tipuri de maşini de developat se referă la principalele părţi componente ale acestora, ca: mecanismul transportor, cuvele pentru soluţii, sistemele de agitare, termostatare, filtrare şi dozare, dispozitivul de uscare şi alte dispozitive şi mecanisme.

În cele ce urmează vom face o scurtă caracterizare tehnică a unor tipuri de maşini de developat, dintre care o parte se utilizează şi în ţara noastră.

a. Maşinile de developat ale firmei Arnold&Richter (ARRI) (R.F.G.).1) Maşina ARRI C II. Este o maşină cu o singură latură, destinată proceselor color, şi are o productivitate relativ mare pentru acest sortiment de peliculă. Astfel, la o durată a revelării de 6 min, are o viteză de 1 5oo m/h, iar la 15 min - 6oo m/h.

Maşina (fig.128) prezintă următoarele caracteristici:

- Ea poate fi montată la un singur nivel sau la două nivele.

Datorită obscurizării perfecte a cuvelor la procesul de revelare şi la stop-fixare cu capace etanşe, maşina funcţionează la lumina zilei.

- Mecanismul transportor este acţionat de un electromotor cu variator de viteză. Deci viteza maşinii se poate schimba în mod continuu.

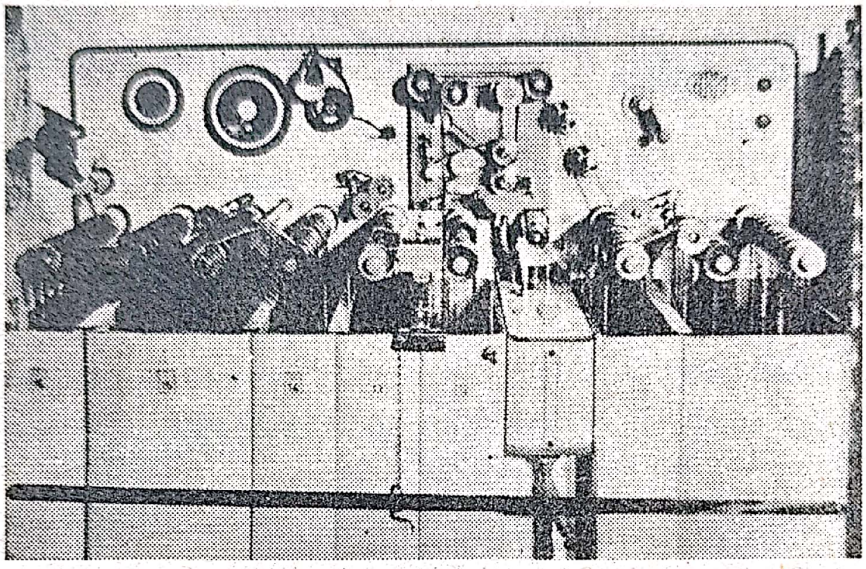


Fig.128. Maşina de developat ARRI tip C II (detaliu).

- Transmisia mişcării la axe este realizată cu ajutorul unor angrenaje cu pinioane care asigură o funcţionare fără trepidaţii.

- Pelicula este antrenată cu role dinţate. Cărucioarele de la partea inferioară se pot ridica cu ajutorul tijelor.

Numărul buclelor este foarte mare (lo), ceea ce face ca maşina să fie destul de compactă pentru această productivitate.

- Maşina este prevăzută cu cuve din viniplast de diverse dimensiuni proiectate pentru procesul respectiv de prelucrare. Înlocuirea unui proces cu altul întîmpină mari dificultăţi datorită acestui fapt.

- Agitarea, termostatarea şi filtrarea fiecărei soluţii se face într-un circuit comun.

Scanned with OKEN Scanner

- Termostatarea este realizată printr-o serpentină cu apă răcită şi prin rezistenţe electrice plasate într-un recipient.

Operaţia este complet automatizată, impulsurile fiind primite de la un termometru cu rezistenţă electrică. Temperaturile se urmăresc pe instrumentele de măsură ale pultului (pupitrului)de comandă .

-Filtrarea se face cu ajutorul unui filtru special cu mai multe discuri suprapuse, care se găsesc într-un vas comun cu instalaţiile de termostatare.

- Agitarea revelatorului se efectuează prin trimiterea soluţiei prin patru ţevi verticale aflate în colţurile cuvei, cu orificii din loc în loc, care prin jeturi imersate provoacă o turbulenţă generală. Intensitatea agitării, deşi este destul de mare, nu poate fi socotită optimă.

- Dozarea se poate realiza fie cu dozatori electromagnetici, fie cu dozatori cu rotametru.

- Maşina este prevăzută cu diferite sisteme automate de semnalizare (la terminarea bobinei în caseta debitoare,la terminarea rezervei dulapului de încărcare etc.) şi de blocare a peliculei (la intrarea în funcţiune a dulapurilor de încărcare şi descărcare).

- Uscarea se efectuează în circuit închis. Aerul umed provenit din dulapul de uscare este răcit şi uscat cu ajutorul unei instalaţii frigorifice. După încălzire, aerul este trimis la suprafaţa peliculei prin duze aflate pe nişte cutii metalice de distribuţie. Regimul de uscare este eficient şi rapid, iar instalaţia este compactă şi complet automatizată.

2) Maşina ARRIMAT III. Are o singură latură şi este destinată prelucrării şi spălării integrale în jeturi a peliculelor alb-negru. Soluţiile şi apa de spălare sînt trimise sub formă de jeturi direct pe suprafaţa emulsiei, printr-o serie de duze aflate pe nişte ţevi de distribuţie.

Prelucrarea este foarte intensă, întrucît se face în aer. Soluţiile ocupă aproximativ 1/3 din volumul cuvelor.

- Maşina ARRIMAT III (fig.129) poate funcţiona şi în sistem clasic de prelucrare, jeturile funcţionînd în acest caz sub lichid.

- Datorită eficienţei deosebite a prelucrării maşina este compactă şi are o mare productivitate.

- Astfel, la o durată a revelării de 3 min, viteza atinge 2 4oo m/h, iar la 5 min, circa 2 ooo m/h.

- Maşina se montează de obicei la un singur nivel şi lucrează la lumină.

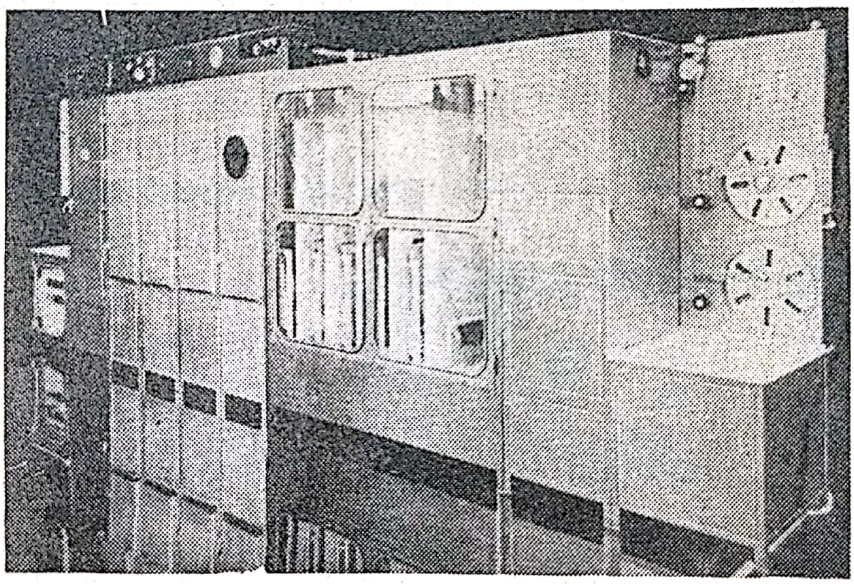


Fig.129. Maşina de developat ARRIMAT III.

Acţionarea maşinii se face de la un electromotor cu variator de viteză, iar antrenarea peliculei se realizează prin role dinţate. Transmisia mişcării la axe se face prin pinioane.

- Axele cu rolele inferioare şi superioare sînt montate pe rame din oţel inoxidabil. Ramele se pot scoate cu uşurinţă din cuvele maşinii.

- Cuvele maşinii sînt executate din viniplast şi au dimensiuni diferite ca şi la maşina C II.

Există o variantă a maşinii ARRIMAT cu cuve din oţel inoxidabil, destinată exclusiv prelucrării în jeturi. La această variantă, cuvele sînt prevăzute cu pereţii din faţă demontabili.

- Termostatarea şi filtrarea soluţiilor se realizează ca şi la maşina C II. Fiecare soluţie este absorbită din cuve de către o pompă care o trimite apoi într-un recipient în care se realizează termostatarea şi filtrarea.

- Toate comenzile şi instrumentele de control se află centralizate pe un pult de comandă.

- Sistemele de dozare, automatizare şi uscare sînt identice cu cele de la maşina ARRI tip C-II.

3) Maşina ARRIBLOC - 4oo. Este o maşină (fig.13o) foarte compactă, pentru lumina zilei, destinată în special pentru prelucrarea peliculei înguste de 8 şi 16 mm. Se utilizează cel mai mult în televiziune.

Productivitatea sa este relativ redusă.

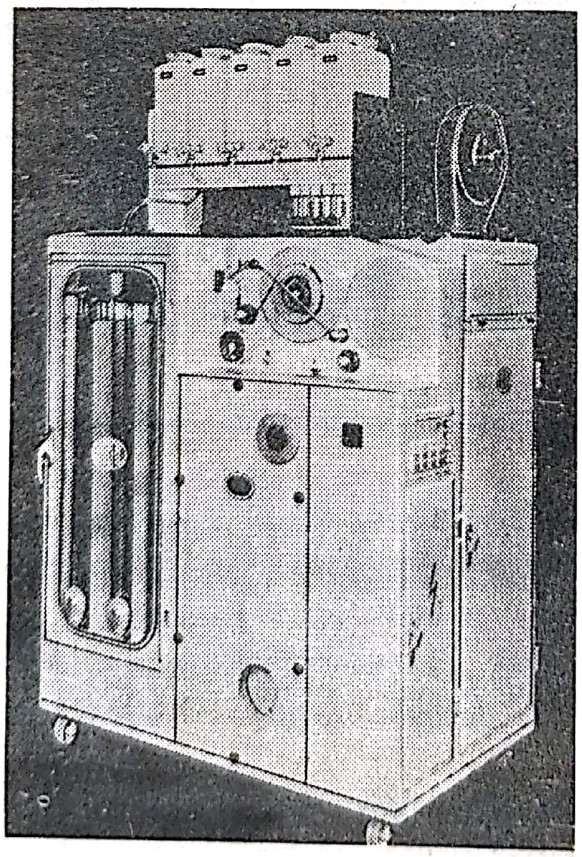


Fig.13o. Maşina de developat ARRIBLOC-4oo.

La timpul de revelare de 2 min (pentru pelicula 16 mm) are viteza de 4oo m/h (pentru procesul reversibil de prelucrare alb-negru).

- Viteza maşinii se modifică în mod continuu.

- Transportul peliculei se face cu role dinţate.Cărucioarele cu rolele inferioare sînt montate pe tije (cele din faţă) sau pe sîrmă din plastic (cele din spate).

- Cuvele maşinii sînt executate din viniplast. O parte din cuve sînt împărţite, în adîncime, în două părţi; în fiecare parte se efectuează cîte un proces. Toate cuvele au aceeaşi dimensiune.

- Agitarea soluţiilor se face la fiecare cuvă în parte. În faţa fiecărei cuve se află un mic compartiment ieşit în afară, aflat în legătură cu cuva, pe care este montat un motoraş cu elice. Prin rotirea elicei se obţine o bună agitare a soluţiei.

- Termostatarea soluţiilor se efectuează de asemenea în interiorul fiecărei cuve, prin care trec două serpentine: una cu apă răcită, iar cealaltă cu apă caldă. Menţinerea temperaturii cu ajutorul acestui agent termic este automatizată.

- Maşina nu este dotată cu sistem de filtrare.

- Dozarea se face cu ajutorul dozatorilor cu rotametru.

- Uscarea se efectuează în circuit deschis. Aerul tras din exterior este mai întîi încălzit şi apoi este trimis în dulapul de uscare.

În afara tipului ARRIBLOC-4oo, firma Arnold & Richter mai produce încă două maşini de developat din aceeaşi categorie, însă cu gabarit şi productivitate mai mare , şi anume ARRIBLOC-7oo şi ARRIBLOC-1ooo.

b. Maşinile de developat ale firmei André Debrie (Franţa). Maşina DUC-72.

- Există o maşină de developat cu două laturi, care funcţionează la lumina zilei. Este o maşină universală (fig.131) putînd prelucra toate sorturile de peliculă.

- Productivitatea maşinii pentru pelicula de 35 mm este între 2oo şi 1 7oo m/h.

Scanned with OKEN Scanner

- Acţionarea se face de la un electromotor cu variator de viteză. Transmisia mişcării la axele motoare se face cu lanţ Gall.

- Pelicula este transportată cu role dinţate.

- Rolele inferioare sînt montate pe un cărucior care se poate ridica cu ajutorul unei tije.

- Toate cuvele maşinii de developat sînt identice şi au capacitatea de 36 l.

Fiecare cuvă are două compartimente: într-un compartiment se află buclele peliculei (patru pe ax), iar în al doilea compartiment există un motoraş care acţionează un ax cu elice pentru agitare.

Prin urmare, agitarea soluţiei şi a apei se face individual în fiecare din cele 30-36 de cuve ale maşinii.

Modificînd legăturile dintre cuve, se pot adapta cu uşurinţă diferite procese de prelucrare.

Există condiţii foarte bune pentru realizarea fixării în sistemul contracurent.

- Termostatarea se face direct în cuve cu ajutorul serpentinelor prin care circulă apă cu o anumită temperatură.

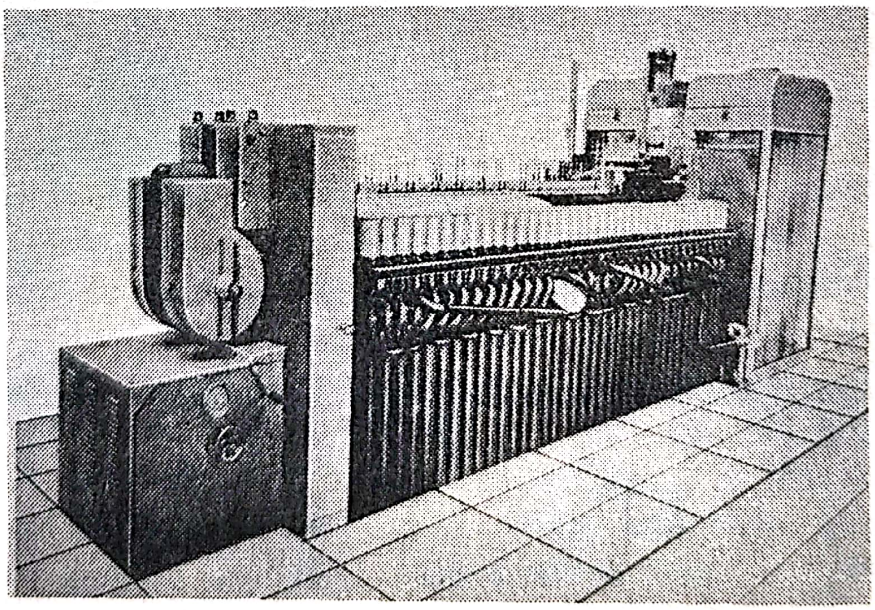


Fig.131. Maşina de developat DUO-72.

Scanned with OKEN Scanner

Precizia menţinerii temperaturii soluţiei de revelator nu este suficientă.

- Pentru dozare se întrebuinţează diferite construcţii de dozatori.

- Uscarea se realizează în circuit deschis şi nu este automatizată.

- Firma André Debrie a fabricat în trecut maşina de mică productivitate tip Aiglone, la care mecanismul trensportor era cu totul original.

Transportul peliculei se făcea cu role de fricţiune, cuvele fiind sub forma unor tuburi în spirală, a căror secţiune avea o formă eliptică.

Maşina n-a dat rezultate în practică, datorită insuficientei securităţi în exploatare.

Aceeaşi firmă a elaborat recent maşina de developat tip DNM, o maşină universală care păstrează avantajele maşinii DUC (interşanjabilitatea cuvelor), însă care are serioase îmbunătăţiri în privinţa agitării, termostatării, filtrării şi uscării peliculei. Cuvele sînt în întregime din oţel inoxidabil şi se pot demonta foarte uşor.

## Capitolul XII

## TEHNICA COPIERII

### 1. Clasificarea procedeelor de copiere a peliculei

Există două procedee, principial diferite, de copiere:
- procedeul de copiere prin contact;
- procedeul de copiere optică.

La copierea prin contact, în timpul expunerii (impresionării), pelicula de pe care se copiază şi pelicula virgină se află într-un strîns contact, emulsie pe emulsie. Contactul dintre cele două pelicule se realizează prin dispozitive mecanice sau pneumatice.

Copierea prin contact se efectuează întotdeauna la scara 1: 1.

La copierea optică, cele două pelicule se află la o oarecare distanţă una de alta, iar expunerea se realizează prin proiecţia imaginii ce se copiază pe stratul fotosensibil al peliculei virgine, cu ajutorul unui sistem optic. Prin copierea optică, dimensiunile imaginii se pot micşora sau mări după necesitate.

În timpul procesului de copiere, peliculele se pot deplasa prin faţa sursei de lumină printr-o mişcare continuă sau printr-o mişcare discontinuă (sacadată). În funcţie de caracterul deplasării peliculelor deosebim două procedee de copiere:

- procedeul de copiere discontinuă (sacadată);
- procedeul de copiere continuă.

La procedeul de copiere sacadată, în momentul copierii, cele două pelicule se opresc un timp în faţa sursei de lumină. În momentul următor, fluxul luminos este întrerupt de către un obturator, iar peliculele se deplasează din nou cu o fotogramă. În continuare, ciclul se repetă.

Deci în acest caz avem o copiere fotogramă cu fotogramă.

La procedeul de c o p i e r e c o n t i n u ă, ambele pelicule se deplasează cu viteză constantă, în strîns contact, prin faţa unei fante înguste prin care trece fluxul luminos.

Procesul de copiere depinde de o serie de factori care în mod inevitabil influenţează negativ calitatea imaginii.

Cunoaşterea acestor factori prezintă o importanţă deosebită pentru determinarea condiţiilor optime de copiere, caz în care scăderea de calitate va fi minimă.

Scanned with OKEN Scanner

## 2. Influenţa procesului de copiere asupra calităţii fotografice a imaginii

Procesul de copiere are următoarea influenţă asupra caracteristicilor imaginii:

- micşorează claritatea;
- măreşte granulaţia;
- modifică uneori contrastul.

Claritatea imaginii se micşorează prin copiere, datorită condiţiilor în care se desfăşoară practic acest proces.

La copierea prin contact, indiferent de presiunea aplicată, rămîne întotdeauna, între cele două pelicule, un strat de aer de ordinul micronilor, care duce la înrăutăţirea clarităţii. Cu cît va fi mai mic acest strat, cu atît rezultatele copierii vor fi mai bune.

În timpul copierii prin contact, în special la copierea continuă, apar anumite alunecări ale unei pelicule în raport cu cealaltă peliculă, ceea ce de asemenea duce la o pierdere oarecare de claritate a imaginii.

La copierea optică prezintă o importanţă deosebită amplasarea corectă a planurilor în care se află cele două pelicule în raport cu obiectivul. Orice abatere de la poziţiile optime ale acestor planuri are repercusiuni negative asupra clarităţii. De asemenea, obiectivele utilizate pentru copierea optică trebuie să fie de foarte bună calitate.

La ambele procedee de copiere, claritatea imaginii scade şi datorită difuziei luminii în stratul de emulsie a peliculei virgine. Razele de lumină care pătrund în emulsie sînt difuzate şi abătute de către cristalele fotosensibile de halogenuri de argint, ceea ce provoacă impresionarea unor zone învecinate. Contururile detaliilor imaginii pierd astfel din claritate.

Comparînd claritatea de copiere obţinută în condiţii optime prin cele două procedee, se constată că la copierea prin contact claritatea este mai bună decît la copierea optică.

Scanned with OKEN Scanner

Metodele de măsurare a claritățtii imaginii sînt complicate şi greu de aplicat pentru controlul operativ al calităţii copierii.

De aceea se recurge la măsurarea puterii rezolvante,care, în anumite limite, este proporţională cu claritatea.

Practic se utilizează o miră fotografiată pe peliculă negativă, care se copiază întotdeauna pe acelaşi sortiment de peliculă virgină (de obicei, o peliculă cu o mare putere rezolvantă, cum ar fi, de exemplu, pelicula dup-pozitiv). Numărul maxim de linii rezolvate în copia pozitivă a mirei ne indică calitatea procesului respectiv de copiere din punctul de vedere al claritățtii.

Determinările efectuate de diferiţi cercetători au arătat că puterea rezolvantă şi implicit claritatea de copiere pot fi mărite dacă se ia o serie de măsuri, după cum urmează:

- Copierea trebuie să se efectueze pe cît posibil cu lumină colimată, adică utilizînd un flux de lumină cu raze cît mai paralele.

De aceea se recomandă evitarea interpunerii în calea fluxului luminos a mediilor dispersante (geam mat, sticlă lăptoasă etc). Totuşi, în anumite cazuri, întrebuinţarea acestor medii nu se poate evita, deoarece ele sînt foarte necesare pentru mărirea uniformităţii iluminării în portiţa de copiere a imaginii (în special la copierea sacadată).

La copierea sunetului, folosirea lor este complet contraindicată.

- Rezultate superioare se realizează dacă la copiere se utilizează un flux de lumină avînd radiaţii cu lungime de undă cît mai redusă. Copierea în lumină indigo şi în special în lumină ultravioletă dă cea mai mare putere rezolvantă,deoarece imaginea se formează în acest caz la suprafaţa stratului de emulsie. Difuzia luminii este astfel mult micşorată.

Pentru copierea imaginii, întrebuinţarea luminii indigo nu este indicată, datorită sensibilităţii reduse a peliculei pozitive.

Fonograma însă se copiază întotdeuna printr-un filtru albastru-indigo.

În figurile 132 şi 133 sînt arătate curbele scăderii puterii rezolvante în urma copierilor multiple.

Totodată, din aceste curbe reies avantajele prezentate de copierea în lumină ultravioletă şi colimată.

Granulaţia imaginii se măreşte în mod substanţial în urma procesului de copiere.

Neuniformităţile de densitate datorate aglomerărilor de granule de argint metalic din imagine devin din ce în ce mai vizibile şi supărătoare pe măsură ce creşte numărul de copieri.

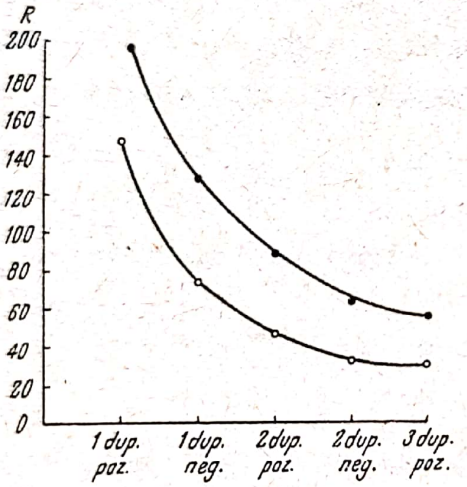



Fig.132. Curbele influenţei copierilor repetate asupra puterii rezolvante la copierea imaginii prin contact, cu lumină difuză: 1- lumină ultravioletă; 2- lumină albă.

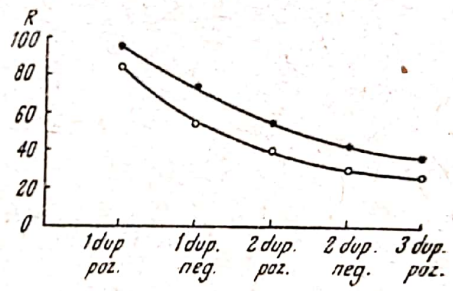



Fig.133. Curbele influenţei copierilor repetate asupra puterii rezolvante la copierea imaginii prin contact cu lumină colimată: 1- lumină ultravioletă; 2- lumină albă.

Pentru a exclude creşterea granulaţiei imaginii se recomandă a se evita contratipurile repetate.

Cînd acest lucru nu se poate realiza, trebuie utilizate pelicule speciale cu straturi subţiri de emulsie şi cu granulaţie cît mai fină. Prelucrarea acestor pelicule de contratipare se face în revelatori care asigură o granulaţie fină.

Contrastul imaginii în cazul copierii prin contact nu se modifică practic aproape de loc.

La copierea optică, contrastul depinde în primul rînd de condiţiile de iluminare a negativului. Cu cît fluxul luminos va fi mai colimat, cu atît contrastul imaginii copiate va fi mai ridicat.

În acelaşi timp, contrastul imaginii mai este influenţat şi de gradul de difuzie a luminii în sistemul optic. Această difuzie a luminii duce la scăderea contrastului.

Reiese că, în cazul copierii optice, contrastul imaginii copiate este influenţat în sensuri diferite de cei doi factori menţionaţi mai sus. De obicei, în practică se utilizează obiective de bună calitate, care difuzează în foarte mică măsură lumina de copiere. De aceea, aproape întotdeauna copierea optică este însoţită de o creştere mai mică sau mai mare a contrastului.

## 3. Ecartul de lumină şi treptele de expunere la copiere

Maşinile pentru copierea peliculelor cinematografice se caracterizează prin aşa-numitul e c a r t d e l u m i n ă, care reprezintă intervalul de expuneri ce poate fi realizat pe maşinile respective.

Expunerea maximă a ecartului de lumină trebuie să asigure în imaginea pozitivă copiată o oarecare densitate minimă deasupra voalului pentru porţiunea cea mai densă a negativului ($D_{max}$).

După unele date experimentale, densitatea maximă a negativelor alb-negru variază între 0,7 şi 1,6. Dacă se ia egală cu 1, expunerea necesară negativului cu $D_{max}$ = 0,7, atunci prin calcul reiese că pentru negativul cu $D_{max}$ = 1,6 este necesară o expunere de circa 8 ori mai mare. Prin urmare, efortul de lumină al maşinii de copiat trebuie să fie aproximativ 1:8.

Intervalul de expuneri cuprins în ecartul de lumină este împărţit în trepte de expunere. Fiecare treaptă nouă de expunere, denumită l u m i n ă d e c o p i e r e trebuie să asigure o modificare sesizabilă a efectului fotografic (a densităţii optice) în copia realizată.

Cunoscînd că spectatorul poate sesiza o schimbare minimă a strălucirii pe ecran de circa 25 % s-a determinat prin calcul că aceasta corespunde la o modificare medie a densităţii copiei de aproximativ o,o6-o,o8. De aici s-a putut deduce că, pentru fiecare lumină, expunerea trebuie să se modifice cu $\triangle H \approx$ 8-1o %, ceea ce înseamnă, pentru ecartul de 1:8, un număr total de circa 2o de lumini de copiere.

Prin urmare, maşinile de copiat, pentru a asigura un ecart de 1:8, trebuie să aibă 2o de trepte de expunere (lumini de copiere) care diferă între ele cu circa 1o %.

La majoritatea maşinilor de copiat s-a adoptat acest ecart de lumină cu 2o trepte. Există însă şi maşini la care numărul luminilor de copiere este mult mai mare, ajungînd pînă la 5o.

## 4. Fotocopierea impurităţilor şi a defectelor prezentate de suprafeţele negativului

În timpul procesului de copiere pe suprafeţele peliculelor, şi în special pe emulsiile acestora, se pot afla diferite impurităţi (praf, resturi de gelatină, fire de păr, pete de ulei etc.), impurităţi care se fotocopiază, adică apar în pozitiv sub forma unor puncte sau pete albe care se observă foarte bine pe ecran.

Din această cauză se impune ca peliculele de pe care se copiază să fie bine curăţite cu solvenţi organici înainte de copiere.

Rezultate excelente se obţin cu maşinile moderne de şters cu ajutorul ultrasunetelor.

Pelicula virgină prezintă uneori pe suprafeţele sale mult praf, care rezultă din tăierea şi perforarea sa cu instrumente uzate.

Ştergerea peliculei virgine este foarte dificilă şi riscantă. De aceea, în asemenea cazuri pelicula respectivă trebuie refuzată.

În imaginea pozitivă se fotocopiază de asemenea şi defectele mecanice pe care le prezintă suprafeţele peliculei negative. Este vorba de zgîrieturile şi frecăturile care apar cu timpul pe emulsia şi pe suportul negativului datorită derulărilor defectuase şi a trecerilor repetate prin maşinile de copiat.

Pentru remedierea acestor defecte, negativele respective se recondiţionează prin polisare sau mătuire (pentru suport) şi prin tratament în soluţii speciale (pentru emulsie). În cazul cînd zgîrieturile pe emulsie sînt foarte adînci, ele nu mai pot fi îndepărtate.

Rezultate bune s-au obţinut în ultimul timp prin procedeul special de c o p i e r e c u i m e r s i e, adică prin copierea negativelor zgîriate într-un lichid volatil al cărui indice de refracţie să fie foarte apropiat de indicele de refracţie al suportului peliculei. Folosirea în acest scop a unor substanţe cu indicele de refracţie de 1,4-1,5, ca: tetraclorura de carbon, benzen, toluen şi altele, face ca razele de lumină să nu mai fie deviate de către zgîrietură, care astfel nu se mai copiază.

Trebuie menţionat în încheiere că toate genurile de defecţiuni care se fotocopiază apar mult mai pregnant la copierea optică. Ca urmare a acestui dezavantaj important la care se adaugă şi complexitatea instalaţiilor necesitate de maşina de copiat, utilizarea procedeului de copiere optică este limitată numai la cazurile de strictă necesitate (de exemplu, modificarea formatului imaginii).

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XIII

# MAŞINI DE COPIAT

## 1. Principiul de funcţionare al maşinilor de copiat

Copierea unui număr redus de fotograme pentru obţinerea fotografiilor sau a dispozitivelor se poate realiza cu ajutorul unor dispozitive simple de copiere prin contact (rame) sau pe cale optică (aparate de mărit).

În cinematografie, numărul de fotograme ce trebuie copiate este extrem de mare. Într-un film de lung metraj se copiază, de exemplu, aproximativ 150 000 de fotograme. În plus, la copierea filmelor se cere o calitate maximă a imaginii şi a fonogramei, concomitent cu o productivitate cît mai ridicată.

De aceea, pentru copierea filmelor cinematografice s-au elaborat şi construit aparate complexe şi de mare precizie, care au căpătat denumirea de **maşini de copiat**.

Copierea fonogramei se face numai prin contact, într-un cap de copiere separat, amplasat după locul de copiere a imaginii, pentru a se crea decalajul necesar dintre sunet şi imagine, cerut de condiţiile impuse de aparatele de proiecţie.

Maşinile de copiat constau din următoarele părţi componente:

- mecanismul transportor, care derulează peliculele din casetele debitoare, le transportă prin capetele de copiere a imaginii şi sunetului şi apoi le bobinează în casetele receptoare;

- sistemele lumino-optice, care asigură iluminarea constantă şi uniformă a ferestrelor de copiere a imaginii şi fonogramei;

- modulatorul de expunere, care este un dispozitiv special de modificare a expunerii în timpul copierii;

- diferite dispozitive auxiliare.

## 2. Mecanismul transportor al maşinii de copiat

După cum s-a mai arătat, mecanismul transportor are rolul de a transporta prin maşina de copiat cele două pelicule care se copiază.

Transportul peliculelor se realizează în exclusivitate cu ajutorul tamburilor (rolelor) dinţaţi. Dinţii tamburilor intră pe rînd în perforaţii, deplasînd peliculele cu precizie riguroasă.

În continuare vom analiza pe scurt principalele tipuri de mecanisme transportoare întrebuinţate la maşinile de copiat.

a. <u>Mecanisme pentru copierea discontinuă (sacadată) a imaginii</u>. Pentru transportul sacadat al peliculei se utilizează în majoritatea cazurilor m e c a n i s m u l c u g r i f ă. Mişcarea de la electromotorul de acţionare a maşinii este transmisă printr-un sistem cinematic complex la mecanismul cu grifă. Aceasta constă dintr-un suport pe care se află o pereche de dinţi metalici ai grifei. Acest suport împreună cu dinţii grifei efectuează în acelaşi plan o mişcare complexă în patru timpi (fig.134):

- timpul I - dinţii grifei înaintează şi intră în perforaţiile peliculelor;

- timpul II - dinţii grifei transportă peliculele în jos la o distanţă egală cu pasul grifei Hg (cursa de lucru); obturatorul este închis, ecranînd astfel fluxul luminos;

- timpul III - dinţii grifei se retrag din perforaţiile peliculelor;

- timpul IV - dinţii grifei se ridică în poziţia iniţială (cursă în gol).

În timpul IV, cînd peliculele se află în repaus, are loc expunerea, obturatorul fiind deschis.

Pasul grifei Hg se ia egal cu pasul fotogramei, adică cu distanţa de la marginea superioară a unei fotograme pînă la marginea superioară a fotogramei următoare. La peliculele de 16 mm, dinţii grifei intră în fiecare perforaţie, întrucît fotograma este cuprinsă între două perforaţii. La peliculele de 35 mm, unde fotograma se întinde pe o distanţă de patru perforaţii. dinţii grifei intră în fiecare a patra perforaţie.

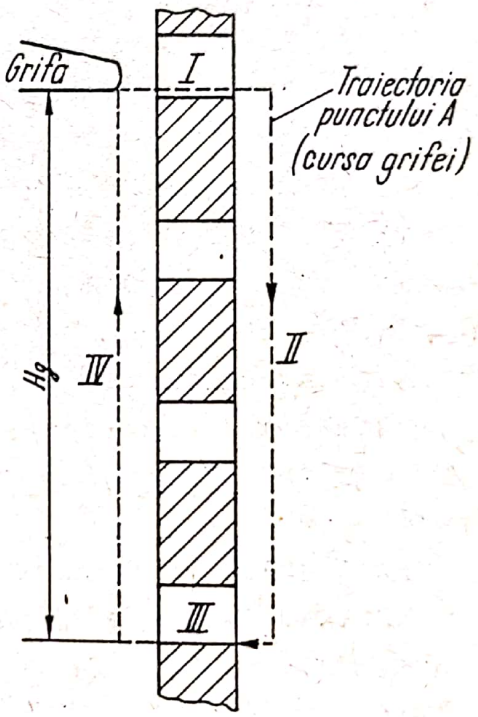



Fig.134. Schema funcţionării mecanismului cu grifă.

Funcţionarea mecanismului cu grifă trebuie să fie perfect sincronizată cu funcţionarea obturatorului, pentru ca expunerea să se facă numai în timpul cînd peliculele se află în repaus.

Mecanismul cu grifă trebuie să fie foarte bine reglat. În caz contrar pot apărea diferite defecţiuni, cum ar fi jocul vertical al fotogramei, vizibil pe ecran în timpul proiecţiei, forţarea sau spargerea perforaţiilor etc.

Pentru a asigura o riguroasă respectare a pasului fotogramei în imaginea copiată, se recurge uneori la utilizarea unui mecanism suplimentar, denumit m e c a n i s m c u c o n t r a g r i f ă. Acesta este prevăzut cu o pereche de

dinţi, care efectuează o cursă în doi timpi, înainte-înapoi. Dinţii contragrifei intră în perforaţiile peliculelor concomitent cu retragerea dinţilor grifei. Ei rămîn în perforaţii şi asigură o poziţie precisă şi o bună stabilitate a celor două pelicule în tot timpul efectuării expunerii. După terminarea expunerii, dinţii contragrifei se retrag, pentru a da posibilitatea grifei să deplaseze peliculele cu încă o fotogramă.

Prin urmare, mecanismul pentru copierea discontinuă realizează de fapt o copiere fotogramă cu fotogramă.

Numărul de fotograme copiate într-o secundă se numeşte **frecvenţă de copiere**. Frecvenţa de copiere nu poate fi mărită peste anumite limite,deoarece cresc foarte mult solicitările mecanice ale peliculelor. De aceea, productivitatea maşinilor cu copiere discontinuă este relativ redusă. La maşinile moderne de copiat, viteza este variabilă, iar frecvenţa medie de copiere este de circa 12 fotograme pe s (circa 800 m/h).

Mecanismele pentru copierea discontinuă se folosesc pentru copierea imaginii, atît prin contact cît şi pe cale optică.

În figura 135 este dată schema de principiu a mecanismului transportor de la o maşină destinată copierii sacadate a imaginii prin contact. Peliculele (negativă şi virgină) sînt trase din casetele debitoare de tamburul dinţat 1. După ce formează bucla a, cele două pelicule intră în canalul de copiere 2, unde sînt presate emulsie pe emulsie. În canalul 2 se află fereastra de copiere 3, prin care se face expunerea. Imediat ce părăsesc canalul de copiere, peliculele formează o nouă buclă b şi apoi, după ce trec peste tamburul dinţat de reţinere 4, se bobinează în casetele receptoare.

Deplasarea sacadată a peliculelor se face cu ajutorul mecanismului cu grifă (în fig.135 se vede numai dintele grifei 5) . Tamburele dinţate 1 şi 4 au o mişcare continuă. Bu-

clele a şi b sînt absolut necesare pentru a asigura trecerile de la mişcarea continuă la cea sacadată şi apoi din nou la mişcarea continuă.

Asigurarea unui contact strîns între pelicule în dreptul ferestrei de copiere se realizează în mai multe feluri, şi anume:

a)Se presează peliculele cu ajutorul unei rame pulsante prevăzute cu un cristal. Funcţionarea ramei este perfect sincronizată cu mecanismul grifei,astfel încît presarea se face numai în timpul în care are loc expunerea peliculelor.

Acest sistem se dereglează şi se uzează repede. În anumite cazuri cînd nu este bine reglat , impresionează mecanic pelicula în anumite porţiuni.

b) Se asigură contactul intim între pelicule prin întrebuinţarea unui canal special cu profilul în "V". Peliculele trecînd prin şanţurile de ghidare ale acestui canal se bombează şi îşi îmbunătăţesc contactul dintre ele. Sistemul nu dă rezultate bune la peliculele contractate sau a căror lăţime nu este riguros constantă.

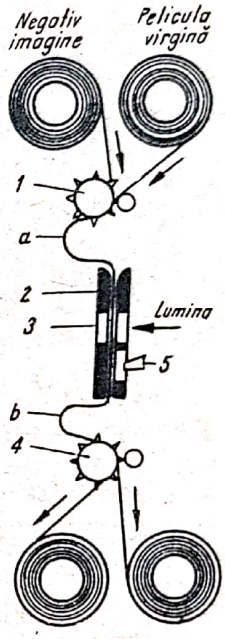



Fig.135.Schema mecanismului transportor al maşinii de copiere discontinuă, prin contact, a imaginii.

c) Se presează peliculele cu aer comprimat din ambele părţi sau numai într-o singură parte. Presarea cu aer este net superioară datorită calităţii excelente a copierii (claritatea este optimă, lipsesc impresiunile mecanice) şi a simplităţii dispozitivului (nu există uzură). Dispozitivul de presare se poate monta atît la canalul plan,cît şi la canalul în "V".

Maşinile dotate cu astfel de mecanisme, deşi au o productivitate relativ redusă, asigură cea mai bună calitate a copierii. Din acest motiv sînt utilizate pentru cele mai importante lucrări de copiere.

In figura 136 se află schema de principiu a mecanismului transportor de la o maşină destinată copierii sacadate a imaginii prin procedeul optic.

După cum se poate observa din figura 136, maşina optică de copiat are de fapt două mecanisme transportoare, analoge mecanismului analizat mai înainte.

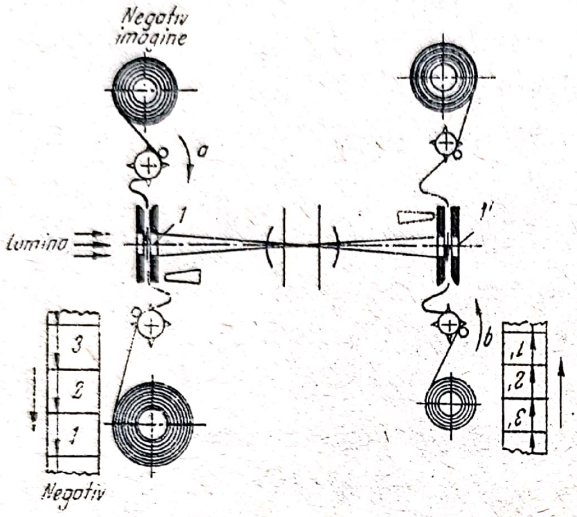



Fig.136. Schema mecanismului transportor al maşinii optice de copiere a imaginii: 1,1'- ferestre de copiere.

Între cele două canale de copiere se află obiectivul. Sursa de lumină este amplasată în spatele peliculei negative.

După cum se ştie, obiectivul preia imaginea din planul negativului şi o formează pe emulsia peliculei virgine. Imaginea obţinută fiind răsturnată este necesar ca cele două mecanisme transportoare să deplaseze pelicula în sensuri diferite. Negativul se va deplasa în sensul săgeţii a, iar pelicula virgină în sensul săgeţii b.

Funcţionarea celor două mecanisme trebuie să fie strict sincronizată.

Întrucît calitatea copierii optice este inferioară copierii prin contact, iar reglarea şi întreţinerea maşinilor optice sînt mult mai dificile, aceste maşini se utilizează în special pentru modificarea formatului fotogramei.

b. Mecanismele pentru copierea continuă a imaginii. Mecanismul pentru copierea continuă transportă peliculele cu ajutorul tamburilor dinţaţi, care se rotesc cu o viteză unghiulară constantă. Acest procedeu de transport se caracterizează printr-o mică alunecare periodică a peliculei pe tambur, în momentul în care un dinte iese din perforaţie şi in-

tră în acţiune dintele următor. Dacă pe tambur se află două pelicule a căror contracţie este diferită (pasul perforaţiei nu este egal) are loc şi o alunecare relativă a unei pelicule faţă de cealaltă peliculă.

Copierea se realizează pe un tambur special, cu diametrul mai mare (fig.137), prevăzut cu două coroane dinţate 1, care sînt montate pe un ax comun 2. Portiţa de copiere 4 are forma unei fante înguste, decupată în canalul de ghidare 3. Această fereastră este iluminată din interiorul tamburului, a cărui construcţie permite acest lucru.

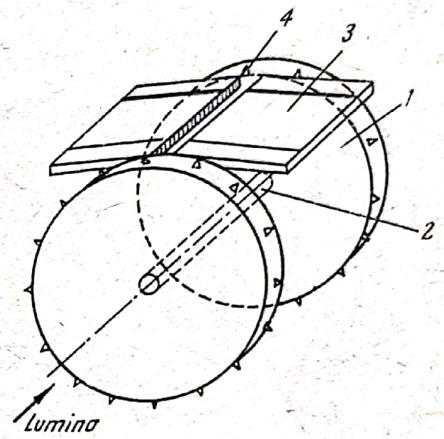



Fig.137. Schema tamburelui dinţat de copiere a imaginii.

În timpul copierii are loc alunecarea peliculelor, ceea ce micşorează într-o anumită măsură claritatea. Alunecarea cea mai mare are loc cînd diferenţa dintre contracţiile celor două pelicule este maximă.

Sistemul de antrenare cu tambure dinţate permite ca mecanismele transportoare pentru copierea continuă a peliculelor să poată asigura maşinilor de copiat o viteză superioară mecanismelor pentru copierea sacadată.

În figura 138 este redată schema de principiu a mecanismului transportor de la o maşină destinată copierii continue şi prin contact a imaginii.

Tamburele dinţate 1 antrenează peliculele din casetele debitoare. Acestea trec mai întîi peste rolele de întindere 2 şi peste rolele de ghidare 3, cupă care ajung în contact pe tamburul de copiere 4. După copiere, peliculele se despart din nou, trec peste tamburele dinţate de reţinere 5 şi, în cele din urmă, se bobinează în casetele receptoare.

Pentru a asigura în timpul expunerii o viteză cît mai constantă a peliculelor, tamburul dinţat de copiere se montează pe acelaşi ax cu un volant.

La aceste maşini, mecanismul transportor are mers reversibil, adică copierea se poate face în ambele sensuri. Prin aceasta, productivitatea se măreşte, deoarece pelicula negativă nu mai trebuie reîncărcată, în cazul cînd sînt necesare mai multe copii de pe aceeaşi bobină de negativ.

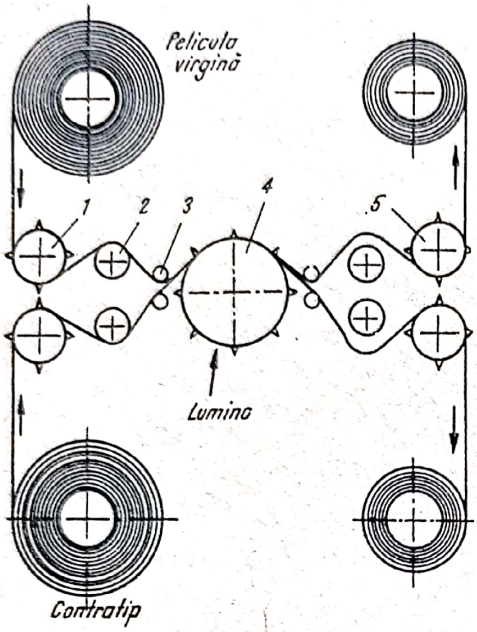



Fig.138. Schema mecanismului transportor al maşinii de copiere continuă, prin contact, a imaginii.

Maşinile de copiat cu copiere continuă şi prin contact a imaginii se utilizează în prezent în special pentru tirajul de copii de pe contratipe.

Deci, viitorul aparţine acestui gen de maşini, care prezintă importante avantaje în privinţa productivităţii foarte ridicate (1 500 - - 3 000 m/h) şi în privinţa exploatării mult mai simple.

c. Mecanisme pentru copierea fonogramei. Copierea fonogramei optice se efectuează întotdeuna prin deplasarea continuă a peliculelor.

În majoritatea cazurilor, fonograma se copiază pe tambure dinţate ca şi imaginea. Se iau măsuri speciale pentru o presare cît mai bună a peliculelor şi pentru a evita orice deplasare laterală a poziţiei fonogramei în copie.

Utilizarea tamburelor dinţate duce însă în mod inevitabil la o scădere a calităţii sunetului, datorită alunecării peliculelor.

Alunecarea se manifestă prin apariţia pe fonogramă a unor noduri ce distorsionează sunetul.

Pentru a exclude aceste neajunsuri, s-a pus la punct procedeul de copiere continuă a fonogramei fără alunecare.

În acest caz, copierea se efectuează pe un tambur neted (fig.139), ceva mai îngust decît pelicula. Negativul fonogra-

mei, datorită rolelor 2 şi 3, îmbracă mult tamburul 1, astfel că stratul de emulsie, aflat deasupra, se întinde. Acest negativ este transportat de un tambur dinţat aflat după rola 3. Pelicula virgină trece peste rola de întindere 4, apoi peste tamburul de copiere şi în ultimă instanţă, peste rola de ghidare 6. Rola 5 asigură presarea celor două pelicule pe fereastra de copiere. Stratul de emulsie al peliculei virgine este într-o oarecare măsură contractat în locul de copiere.

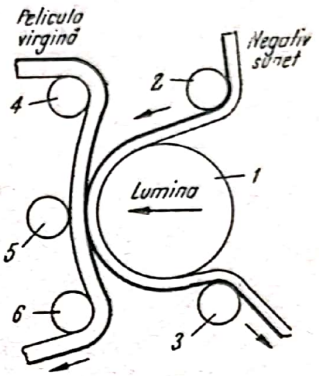



Fig.139. Schema copierii fonogramei fără alunecare.

Rola de întindere 4 se află pe o pîrghie care acţionează în funcţie de contracţiile peliculelor, mărind sau micşorînd în mod automat bucla peliculei virgine, şi deci şi raza sa de curbură în locul copierii.

Se exclude astfel alunecarea peliculelor, una în raport cu cealaltă.

Metoda nu dă rezultate decît într-un interval anumit al diferenţelor de contracţii. La diferenţe prea mari de contracţii se poate produce o decalare a sunetului faţă de imagine.

Fonograma se poate copia prin metoda optică numai în cazurile cînd este necesară reducerea formatului imaginii (de exemplu, la trecerea de pe formatul de 35 mm pe formatul de 2 x 16 mm).

Calitatea sunetului scade însă în mod simţitor, iar reglarea instalaţiei optice este foarte dificilă.

## 3. Sistemele lumino-optice pentru copierea imaginii şi a fonogramei

Sistemul lumino-optic al unei maşini de copiat asigură iluminarea necesară în fereastra de copiere. Caracteristicile fluxului luminos şi modul în care acesta realizează ilumina-rea ferestrei de copiere determină în mare măsură calitatea fotografică a copiei obţinute.

Sistemul lumino-optic constă de obicei din două părţi principale, şi anume:

- sursa de lumină;
- un sistem optic de lentile, oglinzi şi alte mijloa-ce pentru asigurarea unei iluminări uniforme în fe-reastra de copiere.

Sistemul lumino-optic trebuie să îndeplinească o se-rie de condiţii tehnice de care depinde calitatea procesului de copiere. În continuare ne vom ocupa pe scurt de aceste condiţii şi de metodele pentru îndeplinirea lor.

1) Iluminarea în fereastra de copiere a unei maşini de copiat trebuie să fie suficient de mare pentru a putea obţi-ne o expunere corectă în instalaţiile cele mai critice.

Aceste situaţii se întîlnesc în cazul copierii negati-velor a căror imagine este situată la limita superioară a acoperirii generale admisibile şi în cazul folosirii unor pe-licule virgine cu sensibilitate redusă.

Cantitatea de iluminare (expunerea) necesară în fereas-tra de copiere $H_{fc}$ se poate calcula cu ajutorul expresiei:

$$H_{fc} = \frac{1}{S} \cdot 1o^{Dn},$$

în care S este sensibilitatea peliculei virgine, iar

$D_n$ - densitatea maximă a negativului.

Din expresia de mai sus rezultă că expunerea este invers proporţională cu sensibilitatea peliculei şi direct proporţională cu densitatea maximă a negativului ce trebuie copiat.

După cum se ştie $H_{fc} = E \times t$,

în care: E este iluminarea în fereastra de copiere, iar
t - timpul de expunere.

Prin urmare, din ultima expresie reiese că, pentru o anumită maşină de copiat, expunerea depinde de doi factori:

- iluminarea E în fereastra de copiere, care este determinată de puterea sursei de lumină şi de caracteristicile sistemului optic auxiliar (oglinzi, lentile etc.);

- timpul de expunere t, care rezultă din caracteristicile şi performanţele maşinii; la maşinile de copiat cu mers continuu, timpul de expunere este condiţionat de viteza de deplasare a peliculelor şi de lăţimea ferestrei de copiere, iar la maşinile de copiat cu mers sacadat, de durata de timp în care peliculele se află în stare de repaus între două deplasări.

2) Iluminarea în fereastra de copiere trebuie să fie cît mai uniformă. În caz contrar, în imaginea copiată vor apărea diferenţe de densitate între centrul şi marginile fotogramei.

După unele date, diferenţele admisibile de iluminare pe suprafaţa ferestrei nu trebuie să depăşească 4-5 %, ceea ce provoacă o diferenţă de densitate de aproximativ 0,03-0,05.

Uniformitatea iluminării se realizează cel mai greu la maşinile cu mers sacadat, deoarece în acest caz suprafaţa ferestrei de copiere este cu mult mai mare decît la maşinile cu mers continuu. La acest tip de maşini se recurge deseori la introducerea în calea fluxului luminos a sticlei mate sau lăptoase pentru îmbunătăţirea uniformităţii de iluminare. Această măsură este întotdeauna însoţită de o scădere a calităţii (se micşorează puterea de rezoluţie) şi de o diminuare a intensităţii fluxului luminos.

Cele mai bune sisteme lumino-optice sînt astfel concepute încît asigură uniformitatea necesară în fereastra de copiere, fără să fie nevoie de medii de dispersie.

3) Iluminarea în fereastra de copiere trebuie să fie constantă în timp. Variaţiile caracteristicilor fluxului luminos duc la variaţii ale efectului fotografic, şi deci la o scădere a calităţii.

Pentru asigurarea constanţei fluxului luminos, curentul de alimentare a sursei de lumină trebuie să fie foarte stabil. În acest scop se utilizează stabilizatori de tensiune, montaţi uneori în cascadă.

Controlul tensiunii şi al intensităţii curentului de alimentare trebuie să se facă permanent. Periodic se verifică fluxul luminos prin măsurarea iluminării direct în fereastra de copiere cu ajutorul luxmetrelor.

În urma experimentărilor efectuate s-a constatat că fluxul luminos emis de lămpile de copiere cu incandescenţă se modifică în timp, chiar dacă curentul de alimentare este stabil.

Astfel, la o lampă nouă, în prima perioadă de funcţionare, are loc o creştere destul de rapidă a fluxului luminos, după care urmează o scădere treptată şi neînsemnată a intensităţii acestuia care se întinde pe o lungă perioadă de timp.

Acest fenomen se datoreşte transformărilor care se produc în interiorul filamentului şi afumării treptate a tubului lămpii.

Pentru a evita variaţiile fluxului luminos de la începutul funcţionării, toate lămpile destinate maşinilor de copiat sînt supuse înainte de utilizare operaţiei de î m b ă t r î n i r e, adică sînt lăsate sub tensiunea nominală timp de cîteva ore.

S-a constatat de asemenea că fluxul luminos prezintă variaţii o scurtă perioadă de timp, după fiecare aprindere a lămpilor. De aceea se recomandă ca lămpile să fie aprinse cu cel puţin o jumătate de oră înainte de începerea procesului de copiere.

Scanned with OKEN Scanner

În figura 14o este redată schema sistemului lumino-optic al maşinii de copiat cu mers continuu UKA. Filamentul lămpii cu incandescenţă 1 este proiectat de condensorul format din lentilele 2, 3 şi 4 în pupila de intrare a obiectivului 5, prin intermediul unei oglinzi care schimbă direcţia fluxului luminos.

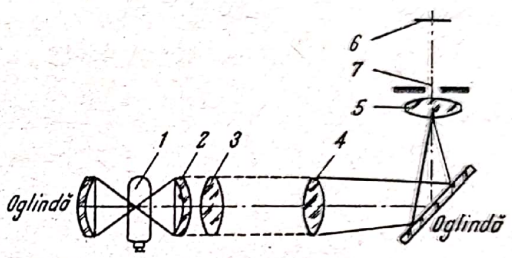



Fig.14o. Schema sistemului lumino-optic al maşinii de copiat cu mers continuu UKA.

Obiectivul 5 proiectează pupila de ieşire, uniform iluminată, a condensorului în fereastra de copiere 6. Intensitatea fluxului luminos este modulată de diafragma interşanjabilă 7.

Pentru copierea fonogramei se utilizează sisteme lumino-optice de o construcţie mai simplă. Acest lucru este posibil datorită dimensiunilor reduse ale ferestrei de copiere.

Condiţiile tehnice impuse faţă de sistemele lumino-optice destinate copierii imaginii sînt valabile şi aici.

Pentru a reduce la minimum difuzia luminii în stratul de emulsie al peliculei virgine se cere folosirea unei lumini cît mai colimate şi utilizarea de filtre albastre.

La toate sistemele lumino-optice la care se utilizează lămpi cu putere mai mare (peste 25o W), lanternele sînt prevăzute cu sistem de răcire cu ajutorul unui curent de aer primit de la un ventilator. Prin aceasta se evită supraîncălzirea pieselor şi a părţilor componente ale sistemului lumino-optic.

## 4. Modulatorii de expunere

Imaginea peliculelor negative destinate procesului de copiere prezintă, în majoritatea cazurilor, inegalităţi de densitate între planuri. Dacă copierea acestor pelicule se face cu o singură expunere, imaginea copiei nu va fi unitară ca densitate generală.

Corectarea în copia pozitivă a acestor diferenţe de densitate dintre planurile negativului se face prin modificarea expunerii în timpul copierii.

Totodată, la peliculele color se realizează şi corectarea necesară a culorilor prin modificarea compoziţiei spectrale a fluxului luminos.

De aceea, fiecare maşină de copiat este prevăzută cu un dispozitiv special de modificare automată a expunerii, denumit m o d u l a t o r d e e x p u n e r e sau d e l u m i n ă.

La copierea pe pelicule color, modulatorul de expunere efectuează şi corecţia culorilor.

Modulatorul de expunere trebuie să modifice expunerea într-un interval de timp foarte scurt, fără ca maşina de copiat să fie oprită. La maşinile cu mers sacadat, expunerea trebuie să se schimbe în timpul cît obturatorul este închis.

La maşinile cu mers continuu, schimbarea expunerii nu trebuie să afecteaza mai mult de o fotogramă.

După cum s-a arătat în capitolul precedent, fiecare maşină de copiat trebuie să asigure un număr de circa 2o de trepte de expunere, cu o creştere a cantităţii de iluminare de la o treaptă la alta de $\triangle H \approx 1o\ \%$. Prin urmare, modulatorul de expunere reprezintă dispozitivul care asigură realizarea automată a tuturor treptelor de expunere, denumite şi l u m i n i d e c o p i e r e, cuprinse în ecartul de lumină.

În funcţie de modul cum se realizează reglarea fluxului luminos, deosebim două tipuri de modulatori de expunere:

- modulatori electrici;
- modulatori mecanici.

a. Modulatorii electrici de expunere. Aceşti modulatori schimbă iluminarea în fereastra de copiere prin modificarea curentului de alimentare a sursei de lumină. Mărind sau micşorînd tensiunea la bornele lămpii de copiere, aceştia modifică strălucirea filamentului, ceea ce ridică sau coboară expunerea.

În urma etalonării negativului se stabilesc luminile de copiere pentru fiecare plan în parte, în funcţie de densitatea generală a imaginii negative. Se execută apoi fişa de lumini care serveşte la schimbarea luminilor de copiere, adică la modificarea tensiunii de alimentare la bornele lămpii.

În figura 141 este redată o fişă de lumini simplificată, executată dintr-o bandă neagră perforată pe care există anumite decupaje dreptunghiulare, obţinute cu ajutorul unei prese speciale de perforat.

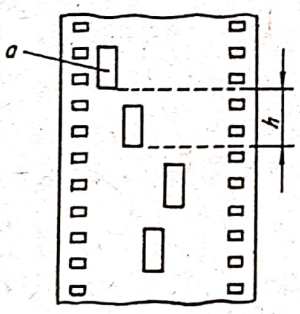



Fig.141. Fişă de lumini pentru modulatorul electric.

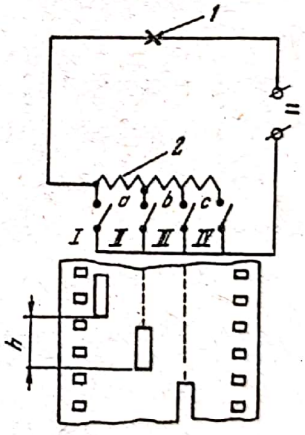



Fig.142. Schema funcţionării modulatorului electric.

Distanţa dintre decupaje h este constantă.

În exemplul de faţă, decupajele sînt amplasate pe patru rînduri, în fiecare existînd cîte un decupaj.

În figura 142 se află schema principiului de funcţionare a modulatorului electric de expunere. Reostatul 2 este legat în serie cu lampa 1.

Acest reostat se compune din secţiile a, b şi c, care se pot conecta prin intermediul contactelor I, II, III şi IV.

Contactele I, II, III şi IV se prezintă sub forma unor lame metalice care se sprijină tot timpul pe suprafaţa fişei lumini. În momentul cînd pe fişa de lumini apare un decupaj, lama metalică a contactului corespunzător pătrunde în acest decupaj şi conectează circuitul de alimentare al lămpii l. Este evident că contactul I asigură tensiunea maximă, şi deci strălucirea cea mai mare a filamentului lămpii de copiere. Dacă se conectează de exemplu contactul III, în circuitul lămpii se introduc secţiile a şi b ale reostatului, ceea ce duce la scăderea tensiunii electrice de alimentare.

Contactul IV asigură cea mai mică lumină de copiere, deci cea mai redusă expunere.

Fişa de lumini este deplasată sacadat la distanţa h, cu ajutorul unor dispozitive speciale de transport cu cruce de Malta sau cu tambure dinţate, prevăzute cu un electromagnet. Acest dispozitiv este acţionat de către anumite impulsuri primite dinafară.

Modulatorii electrici de expunere dau rezultate bune pentru copierea peliculelor alb-negru. La peliculele color, utilizarea lor nu este posibilă, deoarece prin modificarea tensiunii curentului electric de alimentare se schimbă şi temperatura de culoare a fluxului luminos.

b. <u>Modulatorii mecanici de expunere.</u> Se întrebuinţează pe o scară mult mai largă în practică. Aceşti modulatori modifică expunerea în fereastra de copiere, reglînd fluxul luminos prin metode mecanice.

Cea mai utilizată metodă mecanică de reglare a fluxului luminos este m e t o d a d i a f r a g m ă r i i. În drumul fluxului luminos se interpun, în funcţie de necesitate orificii circulare (diafragme) cu diferite diametre.

Diametrul diafragmelor este proporţional cu expunerea, adică cu lumina de copiere.

Modularea luminii prin diafragmare prezintă avantajul că poate fi utilizată şi pentru corectarea culorilor în procesul de copiere a filmelor color.

În acest caz, pe suprafaţa orificiilor se fixează filtre substractive colorate (galben, purpuriu, azuriu), în concordanţă cu etalonarea efectuată anterior.

Filtrele colorate modifică copoziţia spectrală a fluxului luminos, astfel încît realizează corectarea culorilor în imaginea copiată.

Un exemplu de fişă de lumini cu diafragme şi filtre este redată în figura 143.

Fişa este executată din bandă perforată şi opacă în care se poansonează(perforează) cu ajutorul unei prese speciale orificiile ce servesc pentru diafragmarea fluxului luminos.

Distanţa $\ell$ dintre centrele a două orificii alăturate este constantă.

Fişa de lumini este transportată sacadat la distanţa $\ell$ pe baza unor impulsuri, cu ajutorul unui mecanism similar cu cel întrebuinţat la modulatorii electrici.

Filtrele colorate 2 se fixează pe fişa de lumini 1, cu capse metalice 4. Deasupra filtrelor se aplică o peliculă adezivă transparentă 3.

O altă metodă de modulare mecanică a fluxului luminos de copiere este m e t o d a c u c l a p e t e ( v a l v e ). Fluxul de lumină trece prin modulator,care constă dintr-un sistem de două clapete ce funcţionează ca nişte obloane.

Prin închiderea sau deschiderea acestor clapete se reglează cantitativ fluxul luminos.

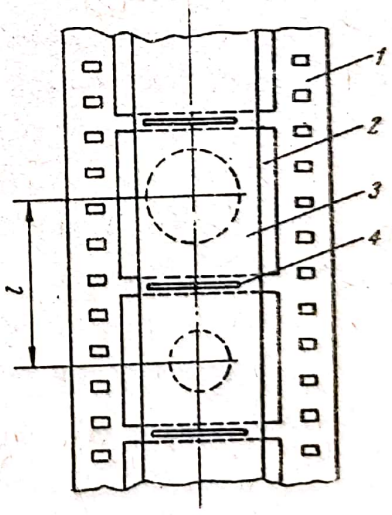



Fig.143. Fişă de lumină cu diafragme şi filtre pentru modulatorul mecanic.

Acţionarea clapetelor se face pe cale electromecanică, prin impulsuri primite de la o f i ş ă- p r o g r a m.Acest sistem de modulator se utilizează în special la procedeul aditiv de copiere Bell & Howell, unde la început fluxul de lumină este descompus cu ajutorul oglinzilor interferenţiale în trei fascicule cuprinzînd cîte o treime din spectrul vizibil (albastru, verde şi roşu). Fiecare dintre aceste trei fascicule ale culorilor de bază se modulează cantitativ cu ajutorul a cîte unui modulator cu clapete. Apoi aceste fascicule se reunesc şi formează f l u x u l d e c o p i e r e.

c. Sisteme de emitere a impulsurilor pentru schimbarea luminii de copiere. Pentru ca lumina de copiere să fie schimbată este necesar ca fişa de lumini să fie transportată în mod discontinuu şi foarte rapid, pe o anumită distanţă constantă (h sau $\ell$ ).

Trecerea de la o lumină la alta se efectuează în momentul în care se termină copierea unui plan şi se începe copierea planului următor de negativ care necesită o expunere diferită. În acest moment este necesară emiterea unui impuls care să pună în mişcare mecanismul dispozitivului de trans - port al fişei de lumini.

Există mai multe sisteme de emitere a impulsurilor pentru schimbarea luminii de copiere. Dintre acestea au căpătat o întrebuinţare mai largă următoarele:

- sistemul cu ancoşe pe negativ;
- sistemul cu bandă sincronă.

S i s t e m u l c u a n c o ş e p e n e g a - t i v este cel mai des utilizat în practică. Negativul de imagine (sau uneori cel de sunet) este ancoşat lateral pe o întindere de cîteva perforaţii, în locul în care este necesară schimbarea luminii de copiere.

A n c o ş a reprezintă o decupare a unei bucăţi de la marginea peliculei, fără să se atingă perforaţiile. În figura 144

(poziţiile a şi b) se poate urmări modul de funcţionare a sistemului de emitere a impulsurilor pentru schimbarea luminilor de copiere.

Pe marginea peliculei aflate în mişcare, prin canalul de film 1 şi prin faţa ferestrei de copiere 2, se sprijină o ro-

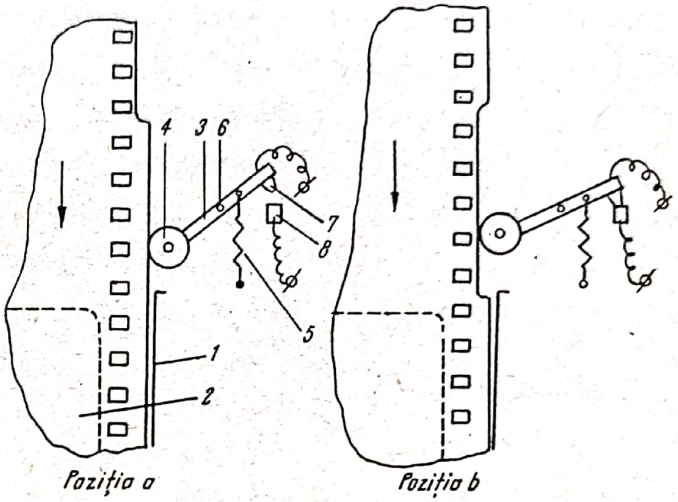



Fig.144. Schema sistemului de emitere a impulsurilor de la ancoşurile negativului.

lă 4, montată pe o pîrghie 3, care basculează în jurul axului 6. Cu ajutorul arcului 5 se asigură un contact strîns între rola 4 şi marginea peliculei. Pîrghia 3 este conectată într-un circuit electric în care se află şi electromagnetul dispozitivului de transport al fişei de lumini. În condiţiile normale, acest circuit este deschis (poziţia a).

În momentul în care rola pătrunde într-o ancoşă (poziţia b), pîrghia 3 îşi modifică poziţia şi aduce în contact punctele 7 şi 8, introducînd curent în circuitul electric. În acest mod, ancoşa introduce în funcţiune electromagnetul dispozitivului care transportă fişa de lumini. Are loc astfel schimbarea luminii de copiere.

Imediat ce rola 4 iese din ancoşă, circuitul electric este deconectat.

Acest sistem prezintă dezavantajul că slăbeşte rezistenţa mecanică a negativului în zona ancoşei, ceea ce poate provoca ruperea perforaţiilor.

Sistemul cu bandă sincronă se bazează pe utilizarea unei pelicule speciale denumită bandă sincronă, care emite impulsurile necesare schimbării luminilor prin intermediul unor decupaje dreptunghiulare perforate aflate pe aceeaşi linie. Banda sincronă (fig.145) este deplasată în mod continuu de un tambur dinţat acţionat de către mecanismul transportor al maşinii de copiat, printr-un sistem de reducţie.

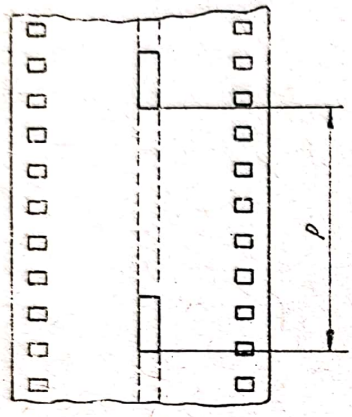



Fig.145. Bandă sincronă.

Viteza benzii sincrone $V_1$ este mai mică decît viteza $V_2$ a peliculei negative. Cunoscînd lungimea planului de negativ ce trebuie copiat cu o anumită lumină p, se poate calcula distanţa P la care trebuie să se execute pe banda sincronă decupajul care va emite impulsul pentru schimbarea luminii de copiere. Calculul se face cu relaţia:

$$P = p \cdot \frac{V_1}{V_2} .$$

Pe suprafaţa benzii se sprijină o lamă metalică, care pătrunde în decupaje conectînd circuitul electric al dispozitivului de antrenare a fişei de lumini.

## 5. Dispozitivele auxiliare ale maşinilor de copiat

Maşinile moderne de copiat sînt dotate cu o serie de dispozitive auxiliare, care asigură condiţii superioare de funcţionare şi de exploatare. Dintre toate acestea prezintă o mai mare importanţă următoarele dispozitive:

- <u>Dispozitivele automate de stopare</u> care opresc funcţionarea maşinilor de copiat prin decuplarea mufelor de fricţiune ce leagă electromotorul de mecanismul transportor sau prin oprirea alimentării electrice a electromotorului.

Dispozitivele de stopare pot acţiona într-o serie de cazuri, ca: ruperea peliculei negative, arderea lămpii de copiere, terminarea bobinei şi abaterea de la tehnologia normală de lucru.

- Dispozitivele pentru lucrări speciale sînt dispozitive speciale care permit realizarea unor lucrări deosebite, cum ar fi înlănţuiri, fonduuri etc. Cu aceste dispozitive sînt înzestrate maşinile cu mers sacadat destinate laboratoarelor ce deservesc studiourile cinematografice.

Dispozitivele de suflare a prafului îndepărtează de pe suprafeţele peliculelor diferite impurităţi, şi în special praful de perforaţie. Această operaţie se efectuează cu ajutorul unui sistem de absorbţie prin vacuum.

Instrumentele de măsură de mare precizie (voltmetre şi ampermetre) asigură stabilirea şi controlul parametrilor regimului de alimentare electrică a lămpilor de copiere a imaginii şi fonogramei.

## 6. Exploatarea maşinilor de copiat

Maşinile de copiat se montează în încăperi separate şi întunecate. Numărul maşinilor dintr-o încăpere nu trebuie să fie mai mare de 2 sau 3. În acest mod se asigură deservirea concomitentă a mai multor maşini de către un muncitor, existînd în acelaşi timp posibilitatea unor intervenţii la lumină în caz de defecţiuni, fără să se oprească producţia la un număr prea mare de maşini.

Încăperile atelierului de copiat sînt prevăzute cu lumină inactinică, adică cu o iluminare la locul de muncă care nu impresionează pelicula virgină copiată.

La copierea peliculei ortocromatice (pozitive alb-negru, dup-pozitive, dup-negative etc.) se lucrează la lumină roşie, iar pentru cele pancromatice (negative color), la lumină slab-verzuie.

Rezultate bune se obţin întrebuinţînd lanterne speciale cu vapori de sodiu, la care se ataşează, de la caz la caz, filtrele corespunzătoare.

Înainte de începerea lucrului, maşinile de copiat trebuie bine reglate şi controlate.

În acest scop se efectuează zilnic sau la perioade mai mari o serie de operaţii de reglaj şi control, după cum urmează:

- Controlul iluminării generale în fereastra de copiere, care se face cu ajutorul unui luxmetru de precizie prevăzut cu o mască ce se aplică pe fotocelulă.

Iluminarea în fereastra de copiere trebuie să fie întotdeuna constantă. Pentru îndeplinirea acestei condiţii se reglează curentul de alimentare a lămpii.

- Controlul uniformităţii iluminării în fereastra de copiere se face, fie prin probe fotografice pe peliculă, care se apreciază vizual, fie prin verificarea cu ajutorul luxmetrului, pe care se montează măşti speciale cu decupaje ce se plasează pe rînd în centrul şi la periferiile ferestrei de copiere.

Diferenţele de iluminare nu trebuie să depăşească 4-5%.

- Controlul temperaturii de culoare se efectuează numai pentru maşinile destinate copierii peliculelor color. În acest scop se foloseşte un instrument special pentru măsurarea în valori absolute a temperaturii de culoare (de exemplu "Collux").

Uneori, verificarea temperaturii se face în mod indirect, prin măsuri luxometrice, prin două filtre zonale (albastru şi roşu). În funcţie de raportul acestor două determinări se trag concluzii asupra mărimii temperaturii de culoare.

- Controlul clarităţii de copiere se face, după cum s-a mai arătat în capitolul precedent, prin copierea unor mire speciale cu care se determină puterea de rezoluţie pe acelaşi sortiment de peliculă. În funcţie de numărul de linii rezolvate se apreciază claritatea de copiere şi se reglează sistemele de presare a peliculelor în portiţa de copiere.

Scanned with OKEN Scanner

- Controlul stabilităţii de copiere se efectuează prin două copieri repetate ale unui test, ce conţine un desen geometric special, pe aceeaşi peliculă virgină. Dacă stabilitatea este corespunzătoare liniile desenului din imaginea obţinută se suprapun perfect după două copieri, atît pe verticală cît şi pe orizontală. În caz contrar se observă un joc relativ al liniilor, ceea ce necesită reglarea mecanismului transportor.

- Pentru copierea fonogramei se fac mai multe genuri de determinări. Astfel se controlează poziţia pistei sonore copiate şi gradul de distorsii datorate alunecării reciproce a peliculelor în timpul copierii.

Dacă toate aceste determinări dau rezultate bune şi dacă mecanismele şi dispozitivele maşinii funcţionează normal se poate începe copierea lucrărilor.

Copierul încarcă în maşină materialul primar şi pelicula virgină, după ce în prealabil verifică concordanţa acestora cu bonul de lucru. Încărcarea negativului se face la start, adică la un semn special marcat, care trebuie aşezat în fereastra de copiere. Nerespectarea acestui start de încărcare duce la pierderea sincronului şi la decadrarea imaginii (pentru maşinile de copiere discontinuă). În continuare, copierul fixează parametrii de lucru ai lucrării, în conformitate cu indicaţiile de pe bonul de lucru. Pentru aceasta introduce în maşină fişa de lumini şi forfiltrul de copiere şi verifică caracteristicile curentului electric de alimentare a lămpii de copiere (voltaj, amperaj).

După aceasta, maşina este pusă în funcţiune. În tot timpul copierii, maşina este supravegheată cu foarte mare atenţie.

Maşinile de copiat sînt supuse unor lucrări de întreţinere zilnice, periodice şi generale. Întreţinerea cu caracter profilactic are o mare influenţă asupra rezultatelor copierii, datorită complexităţii constructive a maşinilor de copiat şi a valorii deosebite a materialelor care se copiază.

Scanned with OKEN Scanner

## 7. Principalele caracteristici tehnice ale diferitelor tipuri de maşini de copiat

Maşinile de copiat sînt maşini deosebit de complexe şi de mare precizie. Fabricarea maşinilor de copiat se realizează exclusiv în uzine specializate în utilaj cinematografic.

In practica laboratoarelor pentru prelucrarea peliculei cinematografice se utilizează diverse tipuri de maşini de copiat cu caracteristici şi performanţe diferite, în funcţie de condiţiile concrete de utilizare (sortimentul peliculei copiate, productivitatea, cerinţele faţă de calitatea copierii etc.).

Maşinile de copiat se pot clasifica din mai multe puncte de vedere.

În funcţie de modul în care se realizează copierea deosebim :

- maşini de copiere prin contact;
- maşini de copiere optică.

În funcţie de caracterul mişcării peliculei prin canalul de copiere, maşinile de copiat sînt de două feluri :

- maşini de copiat cu mers sacadat;
- maşini de copiat cu mers continuu.

Maşinile optice de copiat se deosebesc între ele prin scara la care se face transpunerea optică a imaginii. Astfel există:

- maşini optice 35 mm/16 mm;
- maşini optice 35 mm/2 x 16 mm;
- maşini optice 35 mm/4 x 8 mm;
- maşini optice 7o mm/35 mm;
- maşini optice 35 mm format cinemascop/35 mm, format normal.

Pentru copierea peliculelor color se utilizează două tipuri de maşini, care diferă între ele în funcţie de principiul pe care se bazează corectarea culorilor:

- maşini pentru copierea substractivă;
- maşini pentru copierea aditivă.

Desigur, fiind vorba de criterii deosebite de clasificare, o anumită maşină se poate caracteriza din mai multe puncte de vedere.

Astfel, o maşină de copiat pelicule color poate fi în acelaşi timp maşină optică, cu mers sacadat, pentru transpunerea imaginii de pe format de 35 mm pe format de 16 mm şi care funcţionează pe principiul substractiv de copiere.

În continuare vom descrie pe scurt unele maşini de copiat utilizate în cinematografie.

a. Maşinile de copiat ale firmei A.Debrie (Franţa)

1) Maşina de copiat Matipo CS. Este o maşină de copiat prin contact, cu mers sacadat, destinată pentru copierea peliculei color de 35 mm (fig.146).

- Acţionarea maşinii se face de la un electromotor care transmite mişcarea, printr-un variator conic de viteză, la mecanismul transportor al maşinii, prin intermediul unei curele trapezoidale. Viteza maşinii este variabilă şi este cuprinsă între 2 şi 2o de fotograme/s, ceea ce corespunde la 2oo-1 37o m/h.

- Deplasarea sacadată a peliculelor prin canalul de copiere a imaginii se face de către mecanismul cu grifă. Pentru fixarea peliculelor se foloseşte un mecanism cu contragrifă.

- Presarea peliculelor în portiţa de copiere a imaginii se realizează prin sistemul cu ramă pulsantă.

- Copierea imaginii se face cu fluxul luminos primit de la o lampă de 75o W şi 12o V, alimentată cu curent stabilizat.

În sistemul lumino-optic există o oglindă, un condensor şi un geam mat.

- Copierea fonogramei se efectuează de pe negativul de sunet pe tambur dinţat. Pentru expunere se utilizează o lampă de 6 V/3o W, alimentată cu curent stabilizat.

- Modularea expunerii se face prin diafragmare cu ajutorul unei fişe cu orificii circulare, pe care se ataşează filtre color substractive şi gri.

Există o casetă specială pentru forfiltru.

Impulsurile pentru schimbarea luminii de copiere se primesc de la ancoşele de pe negativ.

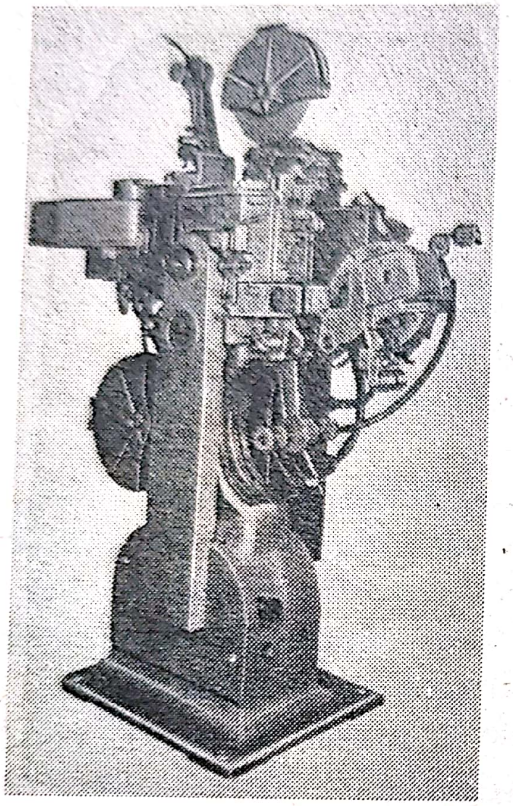


Fig.146. Maşina de copiat Debrie-Matipo CS.

Dispozitivul aditiv de reglare a expunerii n-a dat rezultate.

- Obturatorul maşinii este compus din două discuri care la comandă capătă o deplasare relativă între ele, asigurînd o obturare sau o deschidere progresivă automată.

În acest fel se pot executa fonduuri pe cale optică pe un număr de 24-48-72 sau 96 de fotografme.

- Maşina este dotată cu un mecanism special denumit " o r g a n U", care funcţionează sincron cu mecanismul principal al maşinii, însă la o viteză mai redusă. Organul U asigură o serie de operaţii şi comenzi, şi anume: schimbarea luminilor de copiere la imagine şi sunet, închiderea şi deschiderea obturatorului.

2) <u>Maşina de copiat Tipro color</u>. Este o maşină optică de copiat (fig.147), cu mers sacadat, destinată copierii negativelor de 35 mm pe peliculă de 32 mm (2 x 16 mm);

- Maşina are o viteză variabilă, ca şi la Matipo CS, cuprinsă între 2 şi 2o de fotograme/s.

- Deplasarea şi fixarea peliculelor în portiţa de copiere se face prin intermediul mecanismelor cu grifă şi contragrifă.

- Presarea peliculelor în portiţă se realizează cu ramă pulsantă.

- La copierea imaginii se utilizează o lampă de 380 W/43V, iar la copierea sunetului o lampă de 100 W/6 V, ambele alimentate cu curent alternativ stabilizat.

- Pentru copierea optică a imaginii se utilizează obiective optice cu F = 97 mm şi cu deschiderea relativă de 1:3.

- Modularea expunerii se face cu fişă de lumini cu diafragme şi filtre color substractive. Pentru emiterea impulsurilor de schimbare a luminilor de copiere se ancoşează negativul sau se foloseşte o bandă sincronă.

- Obturatorul maşinii are aceeaşi construcţie ca şi la maşina Matipo CS, deci se pot executa fonduuri optice.

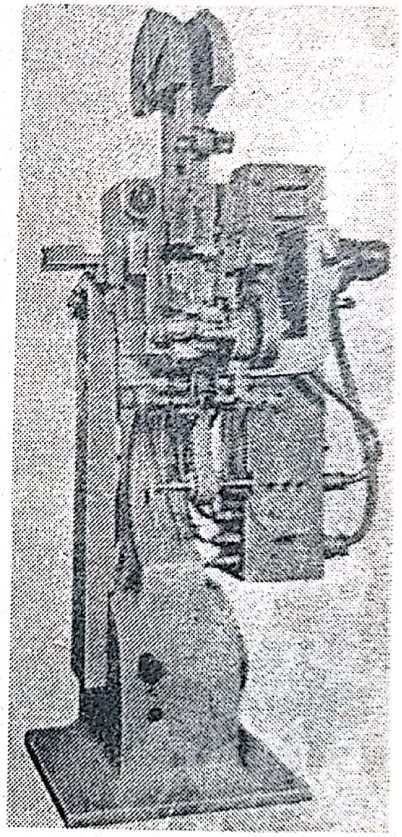


Fig.147. Maşina de copiat Debrie - Tipro color.

3) Maşina de copiat Matipo - Texte. Această maşină poate efectua două genuri de copieri, şi anume:

- copiere prin contact a imaginii de 35 mm (ca la Matipo CS);

- copierea optică a titlurilor pe imaginea de 35 mm.

- Din această cauză, maşina de copiat are două mecanisme transportoare: unul pentru negativul imagine şi pelicula virgină, iar celălalt pentru transportul benzii de titluri.

- Maşina are viteză variabilă ca la celelalte maşini ale firmei Debrie.

- Atît peliculele cît şi banda de titluri (texte) sînt transportate sacadat.

În canalul peliculelor există un dispozitiv de grifă şi contragrifă. Banda de titluri este deplasată cu tambur dinţat.

Copierea optică a titlurilor este realizată prin intermediul unui obiectiv care preia imaginea titlurilor şi o transpune în fereastra de copiere a peliculei în raportul 1:1.

- Sistemul lumino-optic se compune dintr-o lampă de 2 loo W/6o V, un condensor complex şi obiectivul pentru transpunerea optică.

- Capul de copiere a sunetului şi organul U sînt aceleaşi ca la maşina Matipo CS.

b. Maşini de copiat de altă proveniență.

1. Maşina de copiat UKA-T (U.R.S.S.). Este o maşină de copiat prin contact, cu mers continuu, de mare productivitate, destinată tirajului de copii alb-negru şi color de pe contratipe egalizate.

- Acţionarea maşinii se face de la un electromotor care transmite mişcarea la tamburele dinţate de antrenare printr-un sistem de pinioane. Maşina are mers reversibil.

- Viteza peliculelor este de 1 6oo m/h.

- Copierea imaginii se face pe un tambur prevăzut cu coroane dinţate, deasupra căruia se află o portiţă pe care se sprijină peliculele. Sursa de lumină, o lampă de 4oo W/ 3o V, trimite fluxul luminos printr-un sistem optic în fereastra de copiere care este decupată în tambur sub forma unei fante. Peliculele sînt presate de către un presor cu role de cauciuc.

- Copierea sunetului se realizează pe un tambur similar cu cel de la imagine, fanta de copiere fiind în mod corespunzător mai îngustă.

- Modularea expunerii se face cu fişă de lumini cu diafragme. Impulsurile de schimbare a luminii se primesc de la ancoşele executate pe negativul de sunet (pentru protejarea contratipului).

- Maşina este prevăzută cu sistem automat de stopare la terminarea peliculei şi cu dispozitiv de suflare a prafului de pe suprafeţele peliculelor.

2) Maşina de copiat Bell & Howell (S.U.A.) - model C

- Este o maşină de copiat prin contact, cu mers continuu, de foarte mare productivitate, detinată tirajului aditiv de copii color.

- Viteza maşinii de copiat este variabilă, între 1 2oo şi 3 6oo m/h.

- Sistemul aditiv de corectare a compoziţiei spectrale a fluxului luminos este excepţional. Fluxul este mai întîi despărţit în trei fascicule zonale ale culorilor de bază (albastru, roşu, verde), cu ajutorul unui sistem de oglinzi dicroice interferenţiale. Apoi, fiecare se reglează cantitativ cu ajutorul unui sistem mecanic cu clapete. În ultimă instanţă, cele trei fascicule se reunesc şi ajung în fereastra de copiere.

- Numărul luminilor de copiere este de 5o. Reglarea acestora se face pe baza unei benzi-program, în mod automat.

La acestea se mai adaugă sistemul manual de reglaj, care se face la începutul copierii şi are 24 de trepte. Sistemul manual de reglaj reprezintă forfiltrul.

- Maşina este dotată cu dispozitive auxiliare de executare, de manipulare şi control automat a benzii-program.

- Copierea se face cu fluxul luminos primit de la o lampă de 1 ooo W.

Iluminarea în portiţă este foarte mare, ceea ce permite copierea la viteze mari a celor mai puţin sensibile dintre pelicule.

- Maşina are dispozitiv de fonduuri pe 16, 24, 32, 48, 64 şi 92 de fotograme, precum şi alte dispozitive automate.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XIV

# ETALONAREA FILMELOR ALB-NEGRU ŞI COLOR

## 1. Importanţa şi principiile procesului de etalonare a filmelor

Negativul montat al unui film este compus dintr-un număr foarte mare de planuri filmate în diferite condiţii, la date diferite şi pe emulsii de peliculă diferite. Din această cauză, între negativele diferitelor planuri există diferenţe de densitate, iar în cazul filmelor color şi de culoare. O copie executată în această situaţie ar prezenta la vizionare pe ecran unele planuri prea întunecate, altele prea luminoase, iar în cazul filmelor color, pe lîngă diferenţele de densitate, s-ar adăuga şi însemnate diferenţe de culoare.

Pentru remedierea acestui neajuns se efectuează operaţia de e t a l o n a r e a negativelor filmelor.

Etalonarea constă în stabilirea pentru fiecare plan a unor corecţii asupra luminii de copiere, pentru filmele alb-negru în ceea ce priveşte cantitatea sa, iar pentru filmele color, atît din punct de vedere cantitativ cît şi al componenţei sale spectrale (corecţia de culoare).

Aceste corecţii se înglobează în ordinea de succesiune a planurilor în film, într-o bandă care în timpul copierii negativului se întrepune în calea fluxului luminos de copiere, modulîndu-l de la plan la plan cu corecţia respectivă.

Pe marginea negativului se fac în dreptul schimbărilor de plan (lipiturilor) nişte decupaje, care comandă în maşina de copiat deplasarea benzii în poziţia în care introduce în sistemul optic corecţia următoare.

În acest fel, în urma stabilirii valorilor corecţiilor de lumină şi culoare necesare de la plan la plan şi a aplicării lor în procesul de copiere, se pot obţine copii egalizate în care toate planurile au densitatea şi culoarea dorită.

În afară de egalizarea negativelor, operaţia de etalonare se foloseşte şi pentru stabilirea parametrilor de copiere a lucrărilor după negative deja etalonate sau după diferite materiale primare egalizate (lavenzi, contratipe, intermediare color etc.).

## 2. Procesul de etalonare alb-negru

Principiul etalonării filmelor alb-negru constă în determinarea pentru fiecare din planurile negativului, în funcţie de densităţile lor, a valorilor fluxului luminos de copiere necesare pentru a obţine în copia pozitivă toate planurile cu aceeaşi densitate.

În figura 148 este redat schematic acest principiu. Astfel considerînd trei planuri de negativ care au densităţi diferite, $DN_1 < DN_2 < DN_3$, prin copierea lor cu o singură valoare a fluxului luminos de copiere L s-ar obţine în copia pozitivă cele trei planuri cu densităţi diferite: $DP_1 > DP_2 > DP_3$.

Aplicînd etalonarea, cele trei planuri de negativ se vor copia fiecare cu o altă valoare a fluxului luminos; astfel, $DN_1$ se va copia cu L', $DN_2$ cu L, iar $DN_3$ cu L". Întrucît $DN_1 < DN_2 < DN_3$ şi $L' < L < L"$, cele trei planuri obţinute în copia pozitivă vor avea densităţi egale $DP_1 = DP_2 = DP_3$.

Etalonarea constă tocmai în stabilirea exactă şi aplicarea în copiere a valorilor L', L şi L", astfel încît condiţia $DP_1 = DP_2 = DP_3$ să fie realizată.

Prin aceasta, diferenţele de densităţi ale negativelor diferitelor planuri sînt compensate în sensul necesar demărirea sau micşorarea fluxului luminos de copiere, astfel încît pelicula pozitivă primeşte în fiecare caz cantităţi de iluminare egale (timpul de expunere în maşina de copiat fiind constant).

Variaţia fluxului luminos la copierea diferitelor planuri poate fi realizată pe mai multe căi, şi anume: schimbarea tensiunii de alimentare a lămpii, introducerea de filtre gri în calea fasciculului luminos, obturarea parţială a lui prin diafragme şi altele.

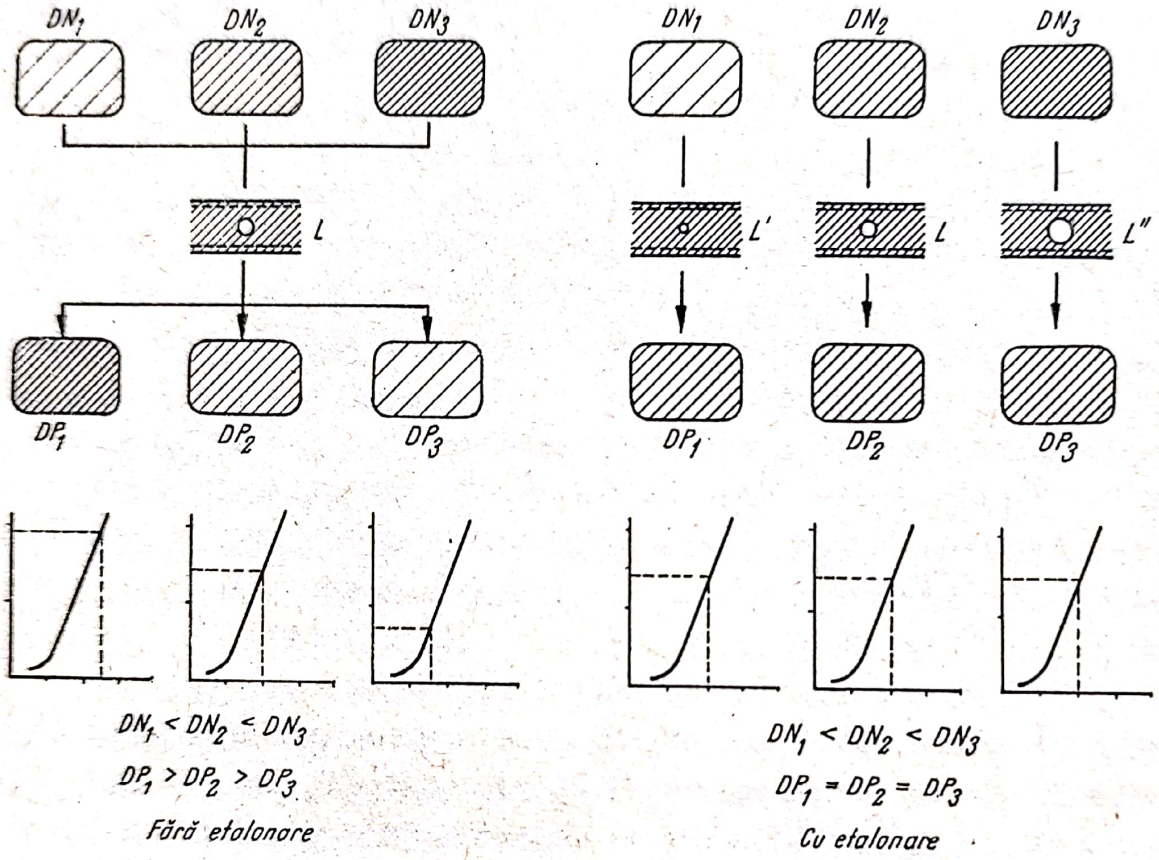



Fig.148. Schema principiului etalonării alb-negru.

Metoda cea mai folosită este cea a **obturării parţiale prin diafragme**. Acestea se prezintă sub forma unor orificii de diametre diferite, însemnate cu numere (de obicei de la 1 la 20), practicate pe o bandă neagră de peliculă la intervale egale (cinci perforaţii). Aceste orificii se numesc în mod curent **lumini de copiere** şi se precizează cu numărul respectiv. Banda pe care s-au practicat succesiv mai multe lumini de copiere se numeşte **fişă de lumini** (fig.149).

Fişa de lumini se încarcă într-un dispozitiv special al maşinii de copiat, astfel încît în calea fluxului luminos se plasează primul orificiu (lumină de copiere).

În timpul copierii, la fiecare schimbare de plan a negativului marcată cu o decupare (ancoşă) executată pe marginea lui, dispozitivul fişei de lumini este acţionat şi se execută deplasarea cu o poziţie a fişei, aducînd în calea fasciculu - lui luminos orificiul următor.

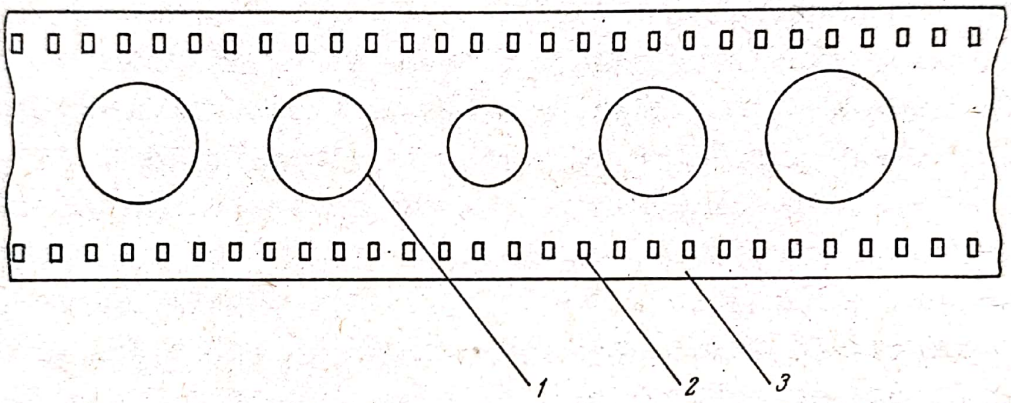



Fig. 149. Fişe de lumini: 1- bandă opacă; 2- perforaţiile de antrenare; 3- lumini de copiere.

Practic, etalonarea se execută astfel:

- se examinează densităţile planurilor negativului sau a unor probe pozitive executate în prealabil şi se apreciază pentru fiecare plan numărul luminii de copiere necesar pentru a obţine densitatea dorită în copie;
- se întocmeşte un caiet de etalonare, în care se înscriu numerele planurilor în ordinea lor şi se însemnă în dreptul fiecăruia numărul luminii de copiere corespunzătoare;
- cu datele astfel pregătite se execută cu o maşină specială fişa de lumini, prin poansonare într-o bandă de peliculă neagră, în ordinea planurilor, orificiile cu numerele stabilite pentru fiecare din ele;

- la negativ, în dreptul fiecărei lipituri dintre planuri, se execută cîte o ancoşă pe marginea peliculei pentru comanda dispozitivului de schimbare a fişei din maşina de copiat.

După executarea fişei de lumini, negativul astfel etalonat urmează a se copia cu această fişe. Încărcarea în maşina de copiat a fişei se face pe baza unui anumit reper, astfel ca să se asigure corespondenţa dintre numerele de ordine a planurilor (ancoşelor) negativului şi a luminilor de copiere din fişe.

Copia astfel obţinută, în cazul cînd valorile luminilor de copiere au fost just apreciate, nu va mai avea diferenţe de densitate între planuri, fiind egalizată.

În operaţia de etalonare se urmăreşte uneori şi obţinerea unor anumite efecte speciale, de noapte, de înserare, de zi foarte luminoasă etc. În aceste cazuri, luminile de copiere nu vor mai fi apreciate astfel încît să se obţină egalizarea densităţilor, ci, dimpotrivă, vor fi astfel alese încît să permită realizarea efectului dorit.

## 3. Normarea peliculei pozitive alb-negru

Între diferitele emulsii şi turnări de peliculă virgină există unele diferenţe atît în ceea ce priveşte factorul de contrast $\gamma$ ce se obţine la un anumit timp de developare, cît şi în ceea ce priveşte sensibilitatea lor.

Acest lucru determină multe dificultăţi în asigurarea standardizării procesului pozitiv şi reclamă efectuarea unui mare număr de probe la luarea lor în lucru.

Pentru aceasta, la primirea unui lot de peliculă pozitivă se execută normarea ei.

Normarea peliculei pozitive alb-negru constă în stabilirea factorului de contrast $\gamma$ și a sensibilității exprimate printr-o densitate de control Dc pentru fiecare turnare. Factorul de contrast $\gamma$ se determină developînd cîte o sensitogramă din fiecare turnare la timpul de developare standard al procesului pozitiv, citind densitățile obținute și trasînd curbele caracteristice din care rezultă valorile $\gamma$ .

Diferitele turnări se grupează pe loturi după valorile apropiate sau egale ale factorilor $\gamma$ .

La trecerea în producție de la un lot la altul se aplică o corecție timpului de developare a turnărilor respective, astfel încît întotdeauna valoarea factorului $\gamma$ a procesului pozitiv să fie constantă.

Sensibilitatea se normează prin copierea pe bucăți de probă luate din toate turnările de peliculă pozitivă a unei scale gri. Copierea se face cu o lumină de copiere bine determinată (de exemplu L 11) și cu diferite valori ale unui filtru gri intercalat în calea fluxului luminos și care realizează o modulare suplimentară a acestuia.

Probele astfel copiate se developează în condiții standard.

Se citesc apoi densitățile pozitive obținute pentru fiecare turnare și valoare de filtru gri, și se aleg acele valori care corespund cu o densitate etalon. Valoarea filtrului gri care a determinat obținerea densității egale cu etalonul pentru o turnare constituie normarea acelei turnări, iar la copierea ei, pe lîngă fișa de lumini a negativului, se folosește și acest filtru gri.

Valoarea densității acestuia se schimbă de la o turnare la alta și el are rolul de a compensa diferențele de sensibilitate dintre turnările peliculei pozitive.

Scanned with OKEN Scanner

4. Dispozitive pentru ancoşarea peliculei
şi executarea fişei de lumini

A n c o ş e l e sînt decupările practicate pe marginea peliculei negative în dreptul schimbării pe plan, la lipitură. În maşina de copiat, marginea negativului este în permanenţă urmărită de un sistem de pîrghii care, în cazul trecerii unei ancoşe, stabilesc un contect electric prin care este acţionat dispozitivul de schimbare a fişei de lumini. Acesta execută transportul fişei, aducînd în dreptul fluxului luminos lumina de copiere următoare, corespunzătoare planului ce a intrat în acel moment în fereastra de copiere.

Ancoşele se execută cu un dispozitiv anume construit în acest scop, montat pe un derulator. Acesta este prevăzut cu un sistem de ghidaj al peliculei, un cuţit de forma ancoşei şi o pîrghie de acţionare a acestuia. Pentru executarea unei ancoşe se potriveşte negativul în sistemul de ghidare, se aduce în dreptul cuţitului porţiunea unde trebuie efectuată ancoşa după care se apasă pe mînerul (pîrghia) dispozitivului. În acest fel este acţionat cuţitul care efectuează ancoşa.

Fişele de lumini, după cum s-a mai arătat, sînt nişte benzi din material opac, peliculă înnegrită sau carton subţire, în care se practică la distanţe egale nişte orificii (luminile de copiere). Aceste benzi au aceleaşi dimensiuni şi perforaţii ca şi peliculele obişnuite.

Perforarea luminilor de copiere se face cu ajutorul unui dispozitiv special. Acesta este prevăzut cu un sistem de ghidare a fişei, un tambur rotativ cu un număr de 2o de poansoane de diametre diferite, marcate cu numere de la 1 la 2o, corespunzătoare numerelor luminilor de copiere, un sistem de aducere a poansonului cu numărul necesar în dreptul locaşului de perforare şi o manivelă prin apăsarea căreia se execută perforarea respectivă. După executarea perforării, fişa este deplasată automat cu cinci perforaţii, în vederea aducerii ei în poziţia necesară pentru următoarea perforare.

Scanned with OKEN Scanner

La începutul unei fişe de lumini se practică o perforare în plus, "de încărcare", precum şi o ancoşă pe marginea laterală. Acestea sînt necesare încărcării sale corecte în maşina de copiat.

5. Procesul de etalonare color

a. Principiul etalonării color. În cazul filmelor color, etalonarea are, pe lîngă rolul de a corecta densitatea diferitelor planuri, şi următoarele roluri specifice:

- asigurarea redării corecte a culorilor în fiecare plan;
- corectarea diferenţelor de tonalitate (dominantă colorată) dintre diferitele planuri;
- obţinerea unor efecte speciale de culoare la unele planuri sau secvenţe, prin întărirea mai mult sau mai puţin a unei culori dominante.

În principiu, etalonarea color se face ca şi la filmele alb-negru cu ajutorul unei benzi sau fişe de corecţie care conţine pentru fiecare plan elementele corecteare necesare şi care se foloseşte la copierea negativului în vederea modificării în sensul dorit a luminii de copiere.

Fişa de corecţie pentru filmele color conţine pentru fiecare plan două elemente corectoare; unul pentru densitate şi altul pentru culoare.

Aceste elemente diferă în funcţie de procedeul de etalonare folosit.

b. Procedeul substractiv de etalonare color. Acest procedeu este cel mai răspîndit, datorită faptului că el se poate aplica la toate maşinile de copiat obişnuite prevăzute cu dispozitive pentru fişa de lumini.

Corecţia de densitate se face ca şi pentru filmele alb-negru cu ajutorul luminilor de copiere diferite de la plan la plan, practicate în fişa de lumini.

Corecţia de culoare se face modificînd de la plan la plan compoziţia spectrală a fluxului luminos de copiere.

Aceasta se realizează pe cale substractivă, cu ajuto - rul unor filtre colorate care absorb din lumina albă cîte una din zonele corespunzătoare celor trei culori fundamentale la care sînt sensibile straturile color.

Aceste filtre au una din culorile complementare: galben, purpuriu şi azuriu, şi absorb din fluxul luminos de copiere culorile de bază respective: indigo, verde şi roşu.

Folosind cîte unul din ele, se poate impresiona pelicula pozitivă numai în cîte două straturi în care vom obţine culorile complementare celor două zone spectrale admise de filtrul respectiv şi care împreună dau, în copie, culoarea fundamentală corespunzătoare culorii complementare a filtrului folosit (fig.150).

Folosind combinaţii de cîte două din aceste filtre, vom reţine în spectrul fluxului luminos cîte două zone ale culorilor fundamentale, ceea ce va duce la obţinerea în copie a culorii complementare zonei admise de combinaţia de filtre respectivă (fig.151).

În acest fel, cu aceste trei filtre şi combinaţiile lor se poate acţiona în toate zonele spectrale, determinînd obţinerea în pozitiv a oricărei culori.

În procesul de etalonare, acest principiu se foloseşte invers. Pornind de la faptul că, observînd o imagine colorată, sesizăm mai uşor culoarea care domină decît cea care este insuficientă, se caută a se corecta această dominantă.

Astfel, o dată sesizată dominanta, se caută a o identifica cu una din culorile fundamentale sau complementare. În cazul unei culori fundamentale, roşu de exemplu, se va corecta cu combinaţia de filtre a celor două culori complementare care o compun, respectiv galben + purpuriu.

În cazul cînd dominanta este o culoare complementară,se va corecta cu filtrul de aceeaşi culoare .

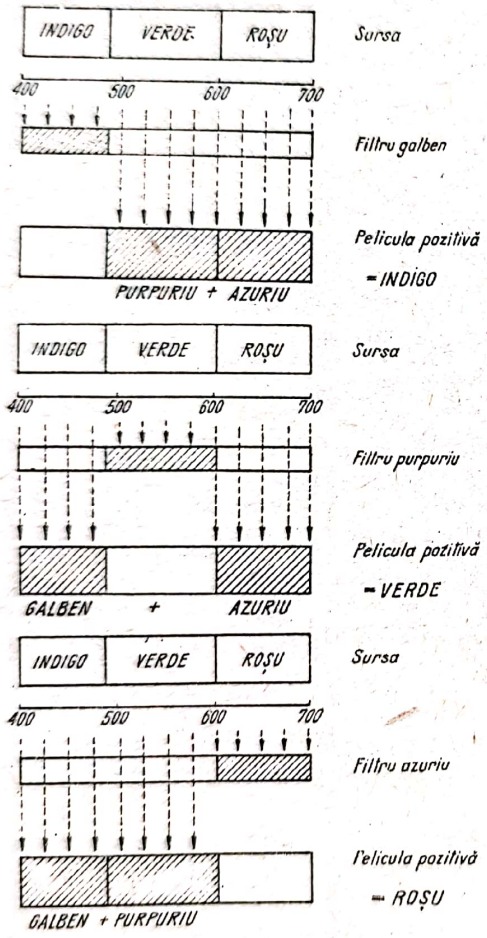



Fig.150. Obținerea culorilor fundamentale cu filtre substractive.

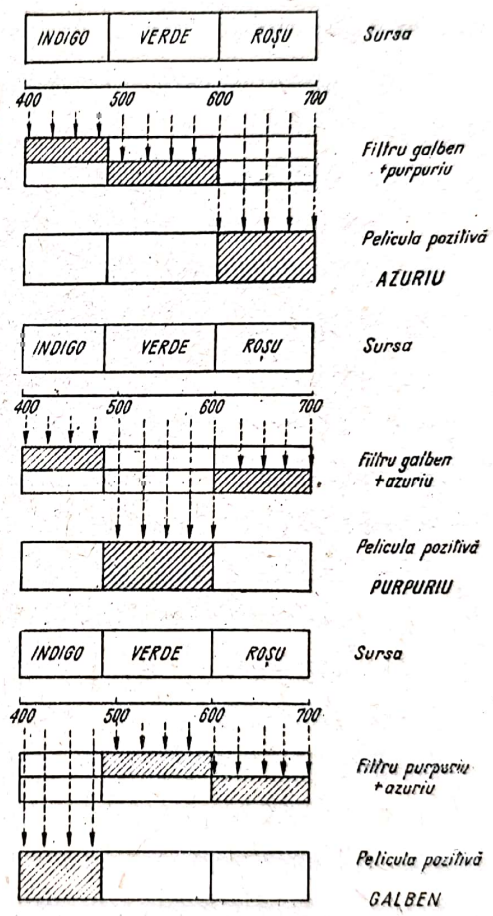



Fig.151. Obținerea culorilor complementare cu filtre substractive.

Scanned with OKEN Scanner

Rezultă de aici,că pentru a îndepărta din copie o culoare dominantă, trebuie folosit filtrul sau combinaţia de filtre de aceeaşi culoare.

Filtrele de corecţie sînt confecţionate din suport transparent similar cu cel al peliculelor pe care este depus un strat de gelatină care conţine colorantul respectiv.

După cum concentraţia colorantului este mai mare sau mai mică, filtrele au diferite densităţi, reţinînd zona din spectru corespunzătoare într-o măsură mai mare sau mai mică. În acest fel se acţionează cantitativ asupra gradului de corecţie al culorii.

Ele au valori cuprinse de la 5 pînă la 1oo %, cu trepte din 1o în 1o%.În cazul cînd avem nevoie de o corecţie a cărei valoare nu se află pe aceste trepte, ea se formează din 2-3 filtre (de aceeaşi culoare), a căror valoare însumată aritmetic să corespundă cu valoarea necesară. De exemplu, filtrul 45 % galben se realizează din 4o % galben + 5 % galben.

Corecţia de etalonare a unui plan color se notează astfel: de exemplu, 12/2o.3o.oo/. Cifra 12 indică numărul corecţiei de densitate (lumina de copiere), cifra 2o - valoarea în procente a filtrului galben, cifra 3o - valoarea în procente a filtrului purpuriu, iar ultima, oo, indică absenţa filtrului azuriu. Această ordine de notaţie corespunde ordinii straturilor peliculei şi se păstrează riguros.

Din principiu rezultă că niciodată nu este necesară prezenţa într-o corecţie a unor valori din toate trei filtrele. Cînd în urma calculării unor corecţii rezultă acest lucru, se elimină unul dintre ele, şi anume cel care are valoarea cea mai mică, scăzîndu-se în acelaşi timp valoarea lui din valorile fiecăruia din celelalte două. Astfel, de exemplu, în loc de corecţia apreciată la valorile X/5o.6o.2o/, vom corecta cu y/3o.4o.oo/.

Introducerea filtrelor de corecţie aduce după sine o modificare a densităţii planului respectiv. Între valorile adăugate sau scăzute ale filtrelor de corecţie şi creşterea sau scăderea valorii luminii de copiere necesară pentru a nu schimba densitatea planului copiat există o corelaţie strînsă.

Aceasta este exprimată în diferite tabele de echivalenţă care trebuie folosite pentru modificarea luminii de copiere o dată cu schimbarea corecţiei de filtre.

În practică, etalonarea color prin metoda substractivă se desfăşoară astfel:

- după negativele de etalonat se fac mai întîi probe pozitive, în procesul standard, copiate cu o lumină de copiere medie, însă fără corecţii de culoare (proba zero);
- pozitivele obţinute se examinează privindu-le printr-o fişe analizatoare care conţine diferite combinaţii de filtre de corecţie dispuse într-o anumită ordine, pe combinaţii (etaje) şi valori de densităţi, avînd însemnate în dreptul fiecăreia valorile filtrelor necesare pentru copiere;
- se aleg ca valori ale corecţiei de culoare valorile înscrise în dreptul combinaţiei de filtre prin care privită proba arată culoarea optimă;
- se apreciază totodată densitatea generală a imaginii şi se stabileşte valoarea luminii de copiere necesare, ţinînd bineînţeles seama şi de valorile filtrelor introduse;
- se procedează astfel pentru fiecare plan şi se înscrie în caietul de etalonare, în dreptul numărului lui de ordine, valorile corecţiei;
- se iau apoi două benzi pentru fişe de lumini, se fixează împreună (suprapuse) şi se execută perforarea luminilor de copiere;
- după aceasta, în dreptul fiecărei lumini perforate se fixează între cele două benzi filtrele de culoare cu valorile stabilite, prin coasere sau capsare.

Cu fişa de lumini astfel realizată se copiază apoi negativul. Copia obţinută trebuie să aibă planurile egalizate ca densitate şi fără diferenţe de culoare între ele.

În caz de nevoie se repetă operaţia de stabilire a corecţiilor optime, analizînd această copie şi modificînd diferite corecţii în fişa de lumini.

c. Caracteristicile spectrale ale filtrelor substractive. Filtrele substractive realizate pînă în prezent nu au deocam - dată caracteristici spectrale optime.

Astfel, zona lor de absorbţie spectrală nu este delimi - tată strict în intervalul necesar, întinzîndu-se şi în celelal- te zone.

În figura 152 sînt date curbele reale de absorbţie spec- trală a filtrelor substractive în comparaţie cu curbele ideale.

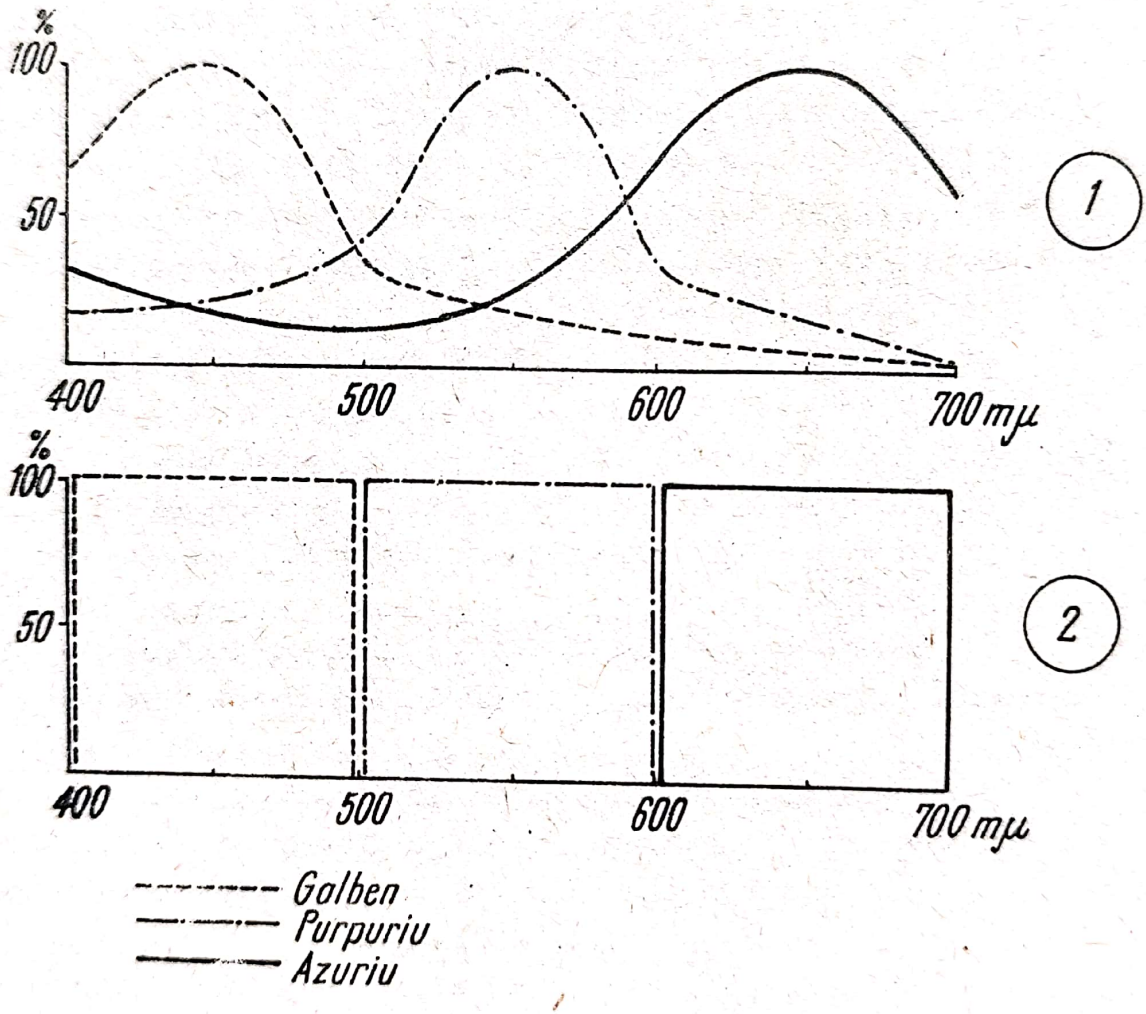



Fig.152. Curbele de absorbţie spectrală ale filtrelor substractive: 1- curbele reale; 2- curbe ideale.

Din figură rezultă că acţiunea lor nu poate fi strict selecti- vă. Aceasta face ca la corectarea unei dominante să apară unele

distorsiuni de culoare. Ele sînt cu atît mai însemnate cu cît şi concentraţia filtrelor folosite este mai mare şi constituie dezavantajul cel mai important al procedeului substractiv.

d. Procedeul aditiv de etalonare color. Procedeul aditiv de etalonare spre deosebire de cel substractiv se poate realiza numai pe maşini de copiat prevăzute special în acest scop din construcţie. Cu toate că reclamă un utilaj special, în ultimul timp a început să fie din ce în ce mai folosit în unele ţări, întrucît rezolvă principalele neajunsuri ale procedeului substractiv şi anume: realizează redarea culorilor în condiţii mult mai bune şi elimină consumul de filtre colorate pentru fişele de lumini.

Principiul etalonării aditive constă în folosirea la copiere a unui flux de lumină tricromatic compus din trei zone stricte ale culorilor fundamentale indigo, verde şi roşu, controlabile din punct de vedere cantitativ independent una de alta. Acest lucru se realizează pe două căi:

- folosirea a trei surse separate de lumină, fiecare avînd intercalată în calea fluxului său luminos cîte un filtru colorat în una din cele trei culori fundamentale;

- folosirea unei singure surse de lumină care are intercalat în calea fluxului său luminos un bloc tricromic care separă cele trei zone ale culorilor fundamentale, proiectîndu-le independent şi separat, controlabile în fereastra de copiere.

Schema principiului este dată în figura 153.

În fereastra de copiere, cele trei fluxuri luminoase zonale se adună compunînd prin adiţie lumina de copiere. Corecţia de culoare necesară se face modificînd de la plan la plan compoziţia spectrală a luminii din fereastra de copiere pe calea unei fişe de lumini care de data asta nu mai conţine nici un filtru de culoare, ci numai cîte un raster pentru fiecare zonă spectrală. Fişa trece prin blocul tricromic şi obturează mai mult sau mai puţin, diferenţiat, fiecare din cele trei filtre, modulînd astfel calitativ fluxul luminos recompus în fereastra de copiere.

În cazul maşinilor de copiat în sistemul aditiv produse de firma Debrie, fişa raster se execută prin fotografierea concomitentă a unui cîmp conţinînd trei rînduri de jaluzele, cîte

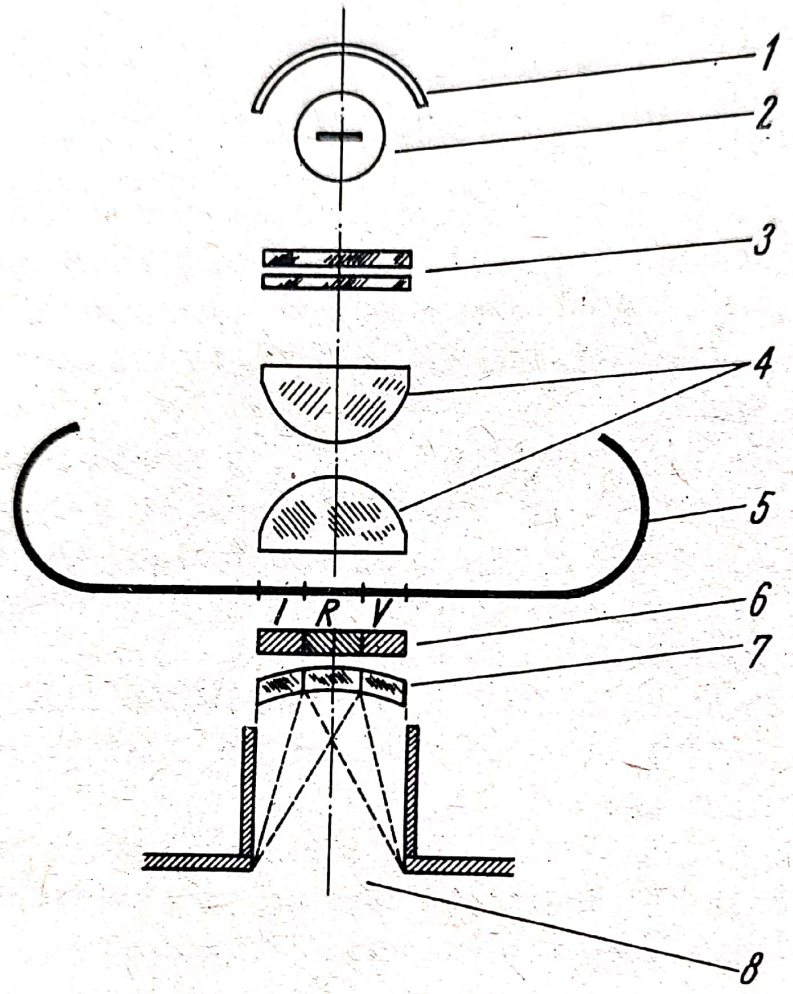



Fig.153. Principiul etalonării aditive:
1- oglindă; 2- sursa de lumină; 3- filtre termice; 4- condensor; 5- fişa raster de corecţii; 6- filtre zonale;
7- lentile cilindrice; 8- fereastra de copiere.

unul pentru fiecare culoare. Închiderea sau deschiderea lor se face în 4o de trepte care reprezintă gradul de obturare al fiecărei zone spectrale, respectiv corecţia de culoare.Fotografierea se face pe peliculă alb-negru de mare contrast,develo - pîndu-se la $\gamma$ = const. În acest fel se obţine fişa de lumini (fig.154).

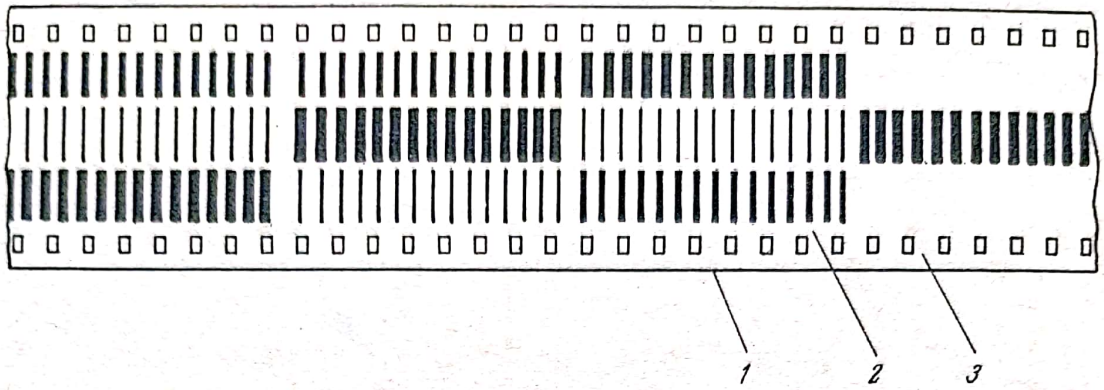



Fig.154. Fişe de lumini raster: 1- peliculă 35 mm;2-raster fotografic; 3- perforaţii.

Realizarea practică a etalonării aditive se face în aceleaşi condiţii ca şi în cazul celei substractive; diferenţa constă în aceea că aprecierea corecţiilor necesare făcută la examinarea imaginii de probă trebuie exprimată în valori ale rasterelor, iar executarea fişei de lumini se face pe baza acestor valori pe cale fotografică.

## 6. Normarea peliculelor pozitive color.

Ca şi în cazul normării pozitivelor alb-negru, normarea peliculelor pozitive color are rolul de a stabili anumite corecţii de lumină şi culoare ce se aplică la copierea fiecărei turnări cu scopul de a egaliza diferenţele de sensibilitate dintre ele. Totodată, la peliculele pozitive color prin normare se realizează şi corectarea balansului de sensibilitate a celor trei curbe ale straturilor (fig.155).

Corecţiile stabilite pentru fiecare turnare de pozitiv se aplică maşinii de copiat cu ajutorul filtrelor.

Normarea color se face prin copierea cu diferite valori de corecţii a unei scale pe bucăţi de peliculă scoase din turnările ce se normează. După copiere, acestea se developează în

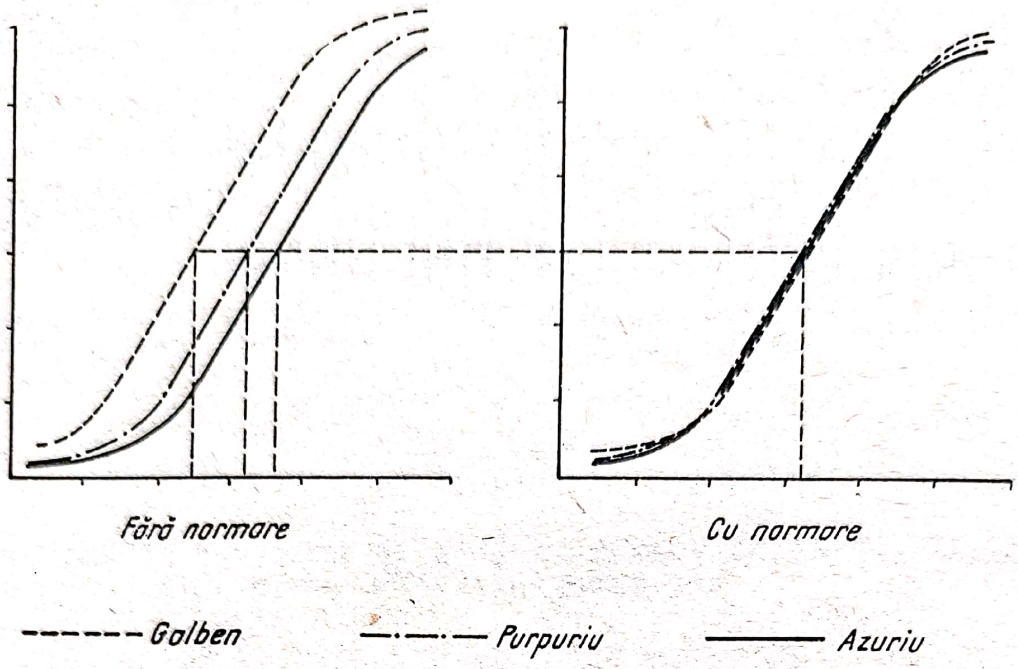



Fig.155. Realizarea balansului de sensibilitate la culoare prin normare.

condiţiile standard, se citesc densităţile obţinute şi se compară cu anumite densităţi etalon. Se consideră c o r e c ţ i a d e n o r m a r e (forfiltrul) a unei turnări acea valoare a corecţiei care a determinat la copiere obţinerea pe probă a unor densităţi egale cu cele etalon.

În funcţie de scala ce se foloseşte la copierea probelor există mai multe principii de normare.

Asupra acestora se va reveni într-un alt capitol.

## 7. Forfiltrele şi fişele de lumini color

După cum am văzut, în urma operaţiei de normare a peliculei pozitive color, pentru fiecare turnare rezultă o anumită corecţie de copiere. Această corecţie se aplică maşinii de copiat independent de fişa de lumini. Forfiltrul reprezintă corecţia peliculei pozitive, în timp ce fişa de lumini conţine corecţiile negativului.

Maşinile de copiat color sînt prevăzute pe lîngă locaşul şi dispozitivul fişei de lumini şi cu un locaş pentru forfiltru , prin care acesta se introduce în calea fluxului luminos.

Pentru procedeul substractiv de etalonare, forfiltrul este format din două benzi de peliculă neagră suprapuse şi fixate împreună. La o distanţă bine determinată de la un capăt al lor se perforează lumina maximă de copiere (L 2o), iar între ele, în dreptul acestei lumini, se fixează un filtru gri şi unul sau două colorate, de valori corespunzătoare celor rezultate la operaţia de normare.

În cazul procedeului aditiv, forfiltrul este realizat de trei fante cu deschideri variabile, acţionate independent una de alta, fiecare obturînd cîte una din cele trei zone spectrale. La unele maşini de copiat aditiv, aceste fante sînt montate într-un dispozitiv special, montat pe maşină, iar fixarea valorilor de obturare necesare (forfiltrul) se face prin acţionarea unor butoni (echilibreurul colorimetric Debrie). La altele, aceste fante se practică cu o maşină specială, într-o bucată de peliculă neagră, sub forma a trei dreptunghiuri cu lungimile în concordanţă cu valorile corecţiei necesare pentru fiecare zonă spectrală.

Bucata de peliculă se introduce într-un locaş al maşinii de copiat, unde fiecare din cele trei dreptunghiuri decupate obturează mai mult sau mai puţin zona spectrală respectivă.

Fişele de lumini color, atît pentru procedeul substractiv cît şi pentru cel aditiv, au fost descrise la paragrafele respective. La confecţionarea lor trebuie acordată multă atenţie respectării valorilor stabilite pentru corecţii, cît şi cpresponden̦ei numărului luminilor (corecţiilor) conţinute cu numărul ancoşelor şi planurilor negativului. În caz de decalaj între acestea, din locul începerii decalajului şi pînă la sfîrşit toate planurile se vor copia cu alte corecţii decît cele necesare.

Scanned with OKEN Scanner

## 8.Controlul obiectiv al etalonării color cu ajutorul scalei gri

După cum s-a arătat, stabilirea corecţiilor necesare diferitelor lucrări se face prin aprecierea vizuală a coloritului lor. Acest lucru face ca procesul de etalonare să aibă un caracter subiectiv şi valorile corecţiilor optime să poată fi apreciate diferit.

Pentru înlăturarea acestui neajuns se aplică metoda controlului obiectiv al etalonării cu ajutorul unei scale gri.

Principiul acestei metode constă în ataşarea la sfîrşitul fiecărei bobine de negativ montat cîte o scală gri,pentru care se prevede în fişa de lumini o lumină standard şi corecţia de filtre necesară pentru a obţine în copia pozitivă pe peliculă normată anumite densităţi etalon.

Ulterior, orice copie care se realizează după acest negativ va avea la sfîrşitul fiecărei bobine scala copiată. Se citesc densităţile obţinute pe această scală în fiecare strat şi se compară cu densităţile etalon. Se verifică astfel în mod obiectiv stabilirea corectă a parametrilor de copiere şi prelucrare ai copiei respective.

Totodată, la probele ce se fac pentru determinarea acestor parametri în vederea executării unor copii, urmărirea densităţilor obţinute în scala pozitivă constituie un criteriu obiectiv pentru aprecierea lor.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XV

# DEVELOPAREA NEGATIVELOR ALB-NEGRU ŞI COLOR ŞI EXECUTAREA COPIILOR DE LUCRU

## 1. Procedee de developare a negativelor la probă şi la $\gamma$ = const.

Pentru redarea în condiţii optime în copia pozitivă a intervalului de strălucire a subiectului filmat s-a stabilit că negativele trebuie developate la un factor de contrast bine determinat. Valoarea optimă a acestui factor de contrast pentru negativele de imagine alb-negru şi color este $\gamma = 0{,}65 \pm 0{,}03$. În unele cazuri speciale, funcţie de caracterul imaginilor cît şi de concepţia asupra plasticii filmului, acest factor poate avea o valoare mai scăzută sau mai ridicată.

Pe de altă parte, diferitele cadre ale unui film se developează pe rînd, pe măsură ce sînt filmate, în decursul unui interval de timp de mai multe luni.

La terminarea filmului, ele se montează împreună, după care se execută copia standard. Pentru ca în copia standard să existe unitate de contrast între toate cadrele care compun filmul şi ale căror negative au fost developate la date diferite, este absolut necesar ca developarea negativelor să se facă pentru unul şi acelaşi film întotdeauna la acelaşi factor de contrast.

Rezultă deci din cele de mai sus următoarele condiţii principale pentru developarea negativelor:

- developarea să se facă la factorul de contrast optim stabilit pentru tipul peliculei şi filmul respectiv;
- developarea diferitelor negative ale aceluiaşi film să se facă întotdeauna la acelaşi factor de contrast.

Scanned with OKEN Scanner

Datorită dependenţei care există între factorul de contrast obţinut în urma unei developări şi durata procesului de revelare, în laboratoarele de prelucrare a peliculei factorul de contrast dorit se obţine acţionînd corespunzător asupra timpului de revelare.

Developarea la probă. Această metodă constă în stabilirea timpului de revelare necesar pentru negativul de developat cu ajutorul unei mici porţiuni tăiate din acest negativ şi developată în prealabil "de probă".

Pentru aceasta, din negativul de developat se taie şi se scoate o porţiune de 2o-3o cm de la sfîrşitul cadrului filmat. Aceasta corespunde cu începutul bobinei negativ trimisă de operator pentru developare, bineînţeles între operator şi laborator trebuind să existe această înţelegere.

Această operaţie se execută în întuneric, iar bucata extrasă, proba, se ambalează cu grijă în hîrtie neagră.

După aceasta, proba astfel extrasă se developează pe maşina de developat pe care se prelucrează negativele filmului respectiv la timpul de developare normal pentru tipul de peliculă şi filmul în cauză. Acest timp este în general timpul mediu la care s-au developat negativele anterioare ale acelui film şi el este stabilit de un tehnician cu experienţă.

După developarea probei se apreciază vizual şi comparativ cu unele etaloane contrastul obţinut şi se stabileşte, dacă este cazul, prelungirea sau scurtarea timpului de revelare, înscriind în fişa de lucru a negativului timpul hotărît, $t_{dev}$.

După aceasta, negativul, însoţit de fişa de lucru, este dus la maşina de developat, unde se developează conform indicaţiei înscrise în fişe.

În unele cazuri, cînd proba reclamă modificări mai mari ale timpului de revelare, înaintea developării negativului este necesar pentru siguranţă a se repeta proba, de data aceasta la timpul de revelare modificat conform rezultatelor primei probe.

Această metodă este greoaie şi nesigură datorită caracterului său subiectiv. Aprecierea vizuală a contrastului reclamă un tehnician cu multă experienţă şi chiar în acest caz există riscul ca unele efecte speciale sau negative cu străluciri variate ale subiectului să fie greşit apreciate şi developate.

Din această cauză, metoda arătată nu mai este folosită în laboratoarele moderne decît foarte rar şi numai în cazul unor filmări efectuate în condiţii speciale. De asemenea, ea nu dă rezultate în cazul negativelor color.

Developarea la $\gamma$ = const. Metoda constă în stabilirea timpului de revelare pe baza unor curbe sensitometrice obţinute cu ajutorul sensitogramelor.

Aprecierea contrastului se face de astă dată în mod obiectiv prin măsurarea lui pe curba sensitometrică.

Astfel, metoda permite developarea diferitelor negative, indiferent de data prelucrării, la acelaşi factor de contrast.

Pentru aceasta se stabileşte în prealabil o valoare anumită a factorului de contrast $\gamma$ pentru toate negativele. În general, această valoare este $\gamma$ = o,65 şi ea reprezintă contrastul optim pentru negative, fiind recomandată şi de fabricile producătoare de astfel de pelicule.

Regimul de revelare a diferitelor tipuri de peliculă şi emulsii, pentru obţinerea acestei valori a factorului $\gamma$ în condiţiile maşinii de developat şi a revelatorului din producţie, se stabileşte la primirea lor cu ajutorul unei curbe $\gamma = f(t)$. Rezultă astfel pentru fiecare emulsie timpul de revelare necesar pentru obţinerea factorului de contrast $\gamma$ = o,65.

Totodată, la începerea filmărilor, operatorul de imagine execută o filmare de probă cu diferite condiţii de iluminare şi expunere care se developează la factorul de contrast standard. Cu ajutorul filmării de probă se stabileşte sensibilitatea practică a emulsiei în cauză şi condiţiile de expunere pentru obţinerea densităţii normale a negativelor, developarea lor considerîndu-se standardizată şi constantă.

Scanned with OKEN Scanner

După începerea filmărilor, operatorul trimite la laborator o dată cu negativul filmat şi comanda de developare a lui, şi o bucată de peliculă virgină din acelaşi material pe care s-a executat filmarea.

Pe o bucată din materialul virgin se expune o sensitogramă în anumite condiţii standard, care apoi se developează pe maşina de developat negative, la timpul de developare rezultat pentru emulsia respectivă din curba $\gamma = f(t)$. Citind densităţile obţinute şi trasînd curba caracteristică, rezultă valoarea factorului $\gamma$. În cazul cînd această valoare este egală sau foarte apropiată de cea standard ($\gamma = 0{,}65$), se consideră că timpul de developare la care s-a developat sensitograma este corespunzător. Se dă la developat negativul filmat în cauză, înscriindu-se în fişa sa de lucru durata timpului de developare $t_{dev}$.

La acest $t_{dev.}$ se va developa negativul respectiv.

În figura 156 sînt redate schematic aceste două metode de stabilire a parametrilor de developare ai negativelor.

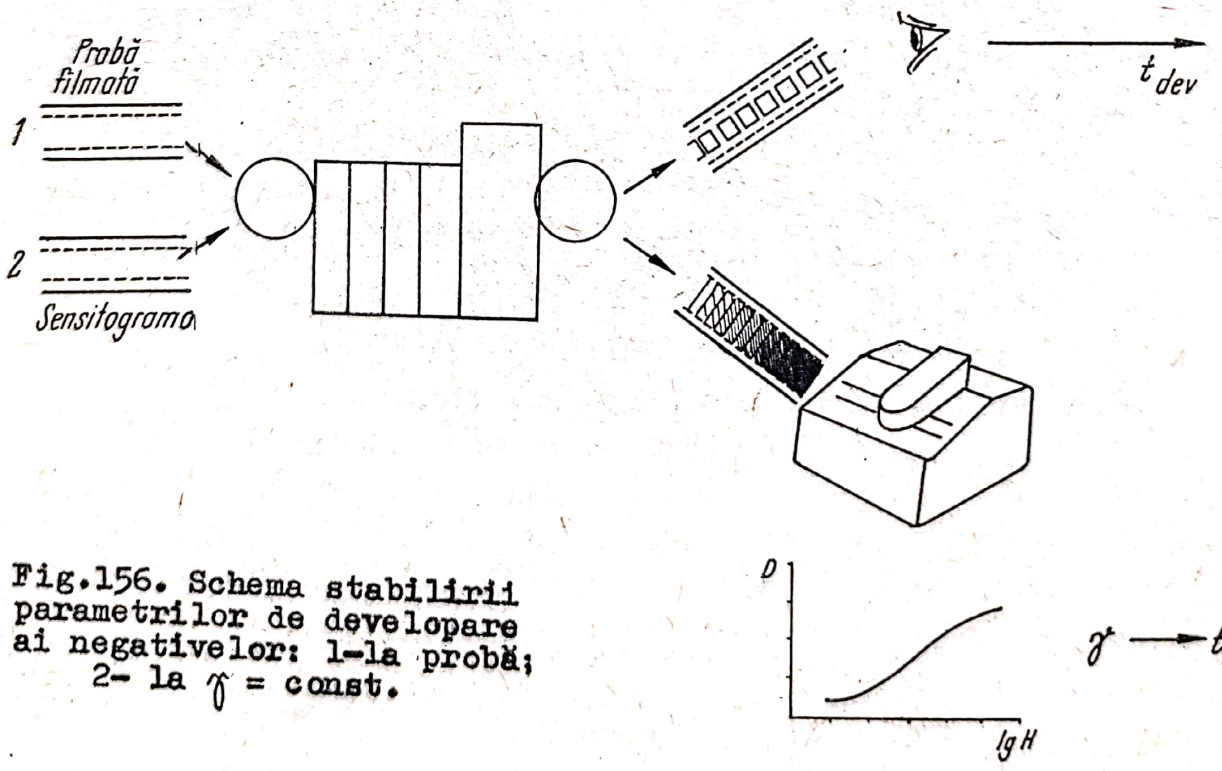



Fig.156. Schema stabilirii parametrilor de developare ai negativelor: 1-la probă; 2- la $\gamma$ = const.

În cazul în care datorită unor variaţii în echilibrul de lucru al revelatorului sau a altor cauze valoarea $\gamma$ obţinută prin sensitograma menţionată mai sus diferă de valoarea standard necesară, se aplică o corecţie timpului de developare, mărindu-l sau micşorîndu-l. Această corecţie se apreciază ţinînd seama de curba $\gamma = f(t)$.

După stabilirea timpului de revelare se mai expune o sensitogramă pe o bucată de peliculă de acelaşi fel cu negativul (trimisă de operator). Această sensitogramă se developează împreună cu negativul, în aceleaşi condiţii.

După developare, sensitograma se citeşte, se trasează curba caracteristică, se determină valoarea factorului $\gamma$ şi se înscrie în fişa de lucru a negativului. Pe această cale se controlează cu precizie corectitudinea developării negativelor.

Trebuie remarcat că prin variaţia timpului de developare se poate obţine factorul $\gamma$ dorit şi în cazul cînd revelatorul are o putere de acţiune diferită de cea normală, datorită variaţiei concentraţiei unor componenţi, modificării temperaturii sau altor cauze.

În această situaţie, valoarea factorului $\gamma$ poate fi corectată, însă densitatea imaginii negativului poate fi prea scăzută sau prea ridicată, cu toate că expunerea dată de operator a fost normală (fig.157).

Pentru a evita acest lucru, o dată cu valoarea factorului $\gamma$ se iau în consideraţie şi densităţile plajelor sensitogramelor. De obicei se iau două plaje bine determinate, iar densităţile lor se consideră densităţi de control $D_c$.

La stabilirea parametrilor de developare se are în vedere, pe lîngă menţinerea constantă a valorii $\gamma$, şi menţinerea constantă a valorilor $D_c$. În cazul cînd valorile $D_c$ nu mai pot fi obţinute pentru valoarea necesară a factorului $\gamma$ înseamnă că s-a produs o dereglare în compoziţia revelatorului sau în condiţiile fizice ale procesului. În acest caz trebuie intervenit pentru restabilirea echilibrului.

Scanned with OKEN Scanner

Păstrarea factorului $\gamma$ , precum şi a valorilor $D_c$ constante, indică gradul de standardizare al procesului de prelucrare şi nivelul său calitativ.

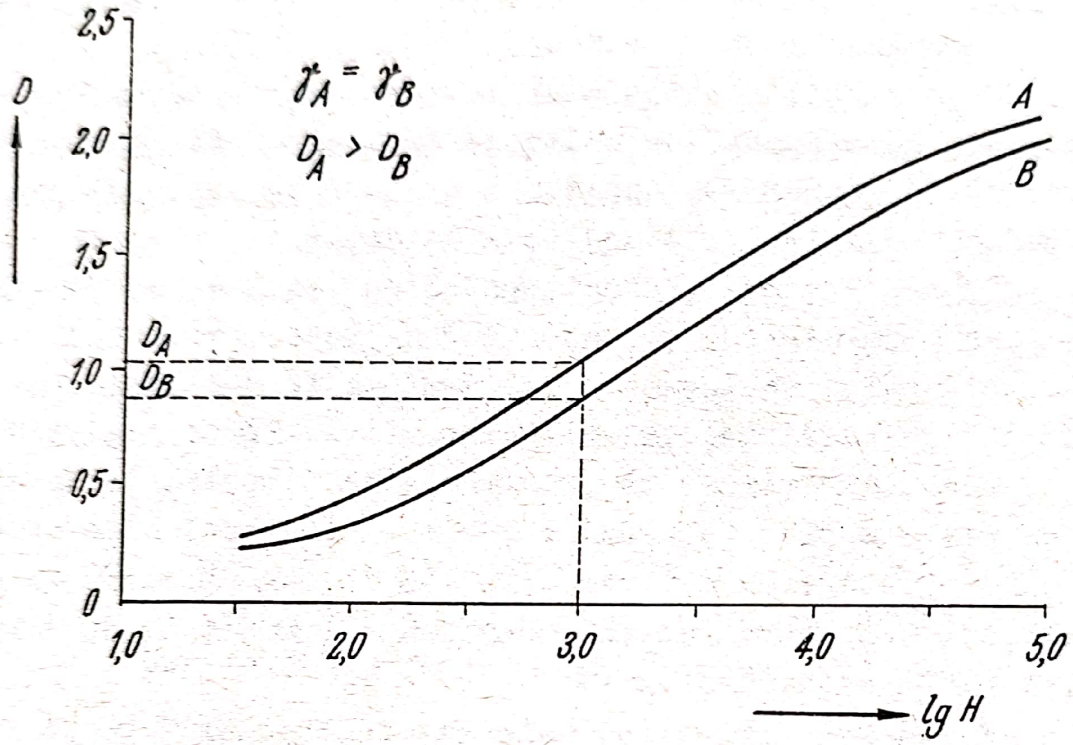



Fig.157. Curbe sensitometrice ale aceleiaşi pelicule developate în revelatori diferiţi.

Pentru factorul $\gamma$ se admite o toleranţă de $\pm$ 0,03, în cadrul căreia diferenţele de contrast nu sînt sesizabile. Valorile $D_c$ variază de la o emulsie la alta, ele fiind direct legate de sensibilitatea peliculei respective. Pentru $D_c$ se admite o toleranţă de $\pm$ 10 %.

Această metodă se foloseşte şi pentru developarea negativelor color, parametrii stabilindu-se cu ajutorul sensitogramelor pe peliculele color respective.

La aceste pelicule se iau în consideraţie valorile $\gamma$ şi $D_c$ pentru fiecare strat în parte, urmărindu-se şi balansul de contrast şi sensibilitate.

Folosirea metodei de developare a negativelor la factor de contrast constant permite ca negativele filmelor să aibă

acelaşi contrast, indiferent de caracteristicile diferitelor pelicule, cît şi a datelor la care s-a executat developarea.

Unitatea de contrast a negativelor montate va permite apoi obţinerea copiei pozitive de asemenea la un contrast unitar.

Aplicarea metodei prespune însă existenţa unor condiţii tehnice speciale, dintre care cele mai importante sînt:

- aparatură sensitometrică de precizie (sensitometre şi densitometre pentru alb-negru şi color) şi personal tehnic cu calificare corespunzătoare;
- procesul de developare, compoziţia soluţiilor, temperatura, precum şi celelalte condiţii fizice să fie standardizate, controlate şi reglate în permanenţă;
- operatorii de imagine să controleze riguros condiţiile de iluminare şi expunere, asigurînd constanţa lor.

## 2. Trasarea şi utilizarea curbelor $\gamma = f(t)$

Pentru obţinerea curbei $\gamma = f(t)$ pentru o anumită emulsie se iau din aceasta circa 1,5-2 m şi se taie în porţiuni de cîte 30-40 cm, pe fiecare porţiune expunîndu-se în sensitometru cîte o sensitogramă. Se obţin astfel cinci sensitograme.

Aceste sensitograme se developează apoi pe maşina de developat negative, în condiţiile standard ale procesului, la cinci valori diferite ale timpului de developare, avîndu-se grijă ca timpul de developare recomandat de fabrică să fie cuprins aproximativ la mijlocul intervalului timpilor aleşi.

Spre exemplu, dacă fabrica recomandă pentru obţinerea factorului $\gamma = 0{,}65$ timpul de 7 min, se va developa cîte o sensitogramă la următorii timpi: 4, 6, 8, 10 şi 12 min.

După developare, sensitogramele se citesc la densitometru şi cu valorile densităţilor obţinute se trasează cîte o curbă caracteristică pentru fiecare timp de developare.

Curbele se trasează pe acelaşi formular sensitometric, obţinîndu-se astfel o familie de curbe ale aceleiaşi pelicule la diferiţi timpi de developare. Pe fiecare curbă se determină apoi factorul $\gamma$ , rezultînd astfel pentru fiecare timp de developare o anumită valoare a factorului $\gamma$ (fig.158).

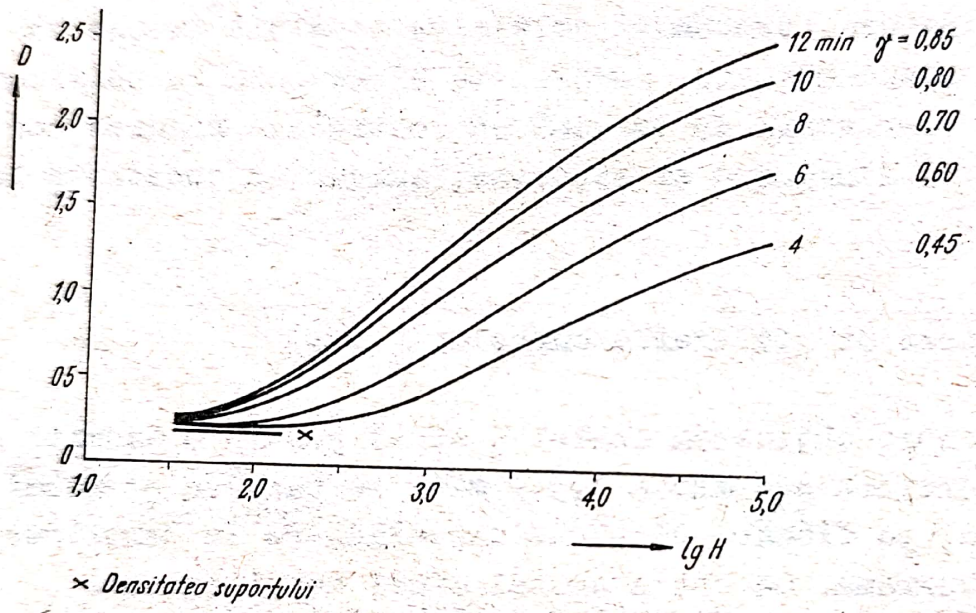



Fig.158. Familie de curbe caracteristice obţinute pe aceeaşi peliculă de diferite valori a $t_{dev}$.

Valorile astfel obţinute se trec apoi într-un sistem de coordonate rectangulare, notîndu-se pe abscisă timpii de developare, iar pe ordonată valorile $\gamma$ corespunzătoare acestor timpi. Unind punctele de intersecţie a proiecţiilor verticale şi orizontale a acestor elemente se obţine curba $\gamma = f(t)$ - (fig.159).

Cu ajutorul acestei curbe putem determina ulterior cu precizie timpul de developare necesar pentru obţinerea valorii factorului $\gamma^*$ pe care îl dorim Pentru aceasta alegem pe ordonată

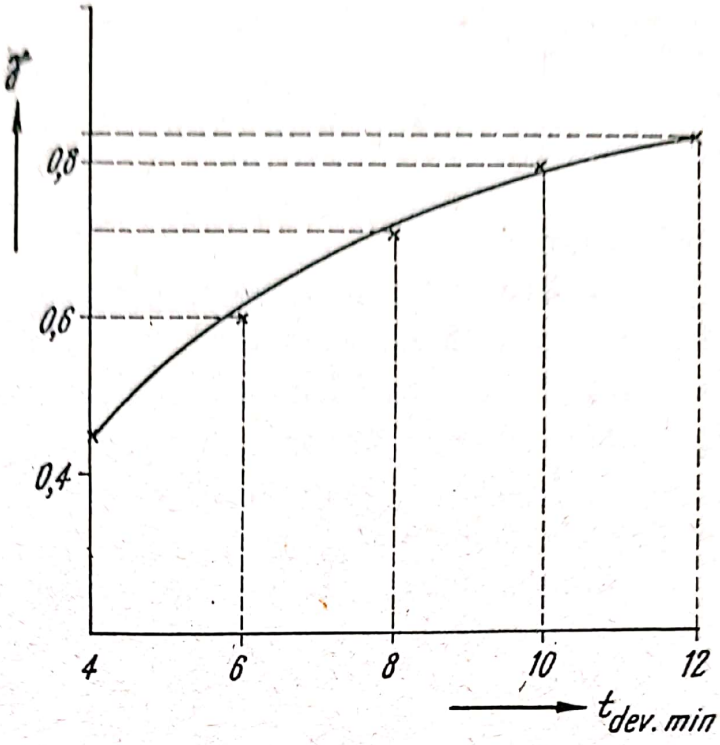



Fig.159.
Curbă $\gamma=f(t)$.

valoarea $\gamma$ necesară şi trasăm de la această valoare o paralelă la abscisă pînă întîlnim curba. Din punctul de intersecţie a curbei trasăm o verticală pe axa absciselor,iar în punctul de intersecţie a acesteia citim valoarea timpului de developare.

## 3. Determinarea parametrilor de developare pe baza sensitogramelor de control

Pentru urmărirea şi asigurarea constanţei procesului de developare, în afara controlului chimic al soluţiilor se execută zilnic şi un control sensitometric. Acesta se face developînd înainte de începerea lucrului o sensitogramă de control, în condiţii standard, întotdeauna la aceeaşi parametri. Sensitogramele de control se fac pe aceeaşi peliculă. Determinînd valorile $\gamma$ şi $D_c$, se verifică constanţa lor, iar în cazuri de abateri se iau măsuri de echilibrare a procesului, după care se repetă din nou controlul.

În această situaţie, cînd sensitograma de control indică valorile normale pentru $\gamma$ şi $D_c$, parametrii de developare a diferitelor negative pot fi stabiliţi direct, pe baza acestei sensitograme. Timpul de developare a unui negativ în acest caz este cel stabilit iniţial pentru filmul şi pelicula respectivă.

În cazul în care sensitograma de control indică unele diferenţe, care nu sînt prea mari, se poate aplica la timpul de developare a negativului o corecţie în plus sau în minus, apreciată pe baza curbei $\gamma = f(t)$.

Prin acest sistem, operativitatea developării negativelor creşte foarte mult.

Pentru aplicarea lui este însă necesară atît o standardizare riguroasă a procesului, cît şi folosirea unui sortiment relativ redus de pelicule. Pelicula ce se foloseşte pentru sensitogramele de control trebuie să fie astfel aleasă încît să reprezinte caracteristicile celor pe care se filmează.

## 4. Controlul negativului înainte şi după developare

Întrucît maşina de developat negativul urmează să treacă peste un număr foarte mare de role dinţate, este obligatoriu ca perforaţiile sale să fie într-o stare perfectă. Dar, în procesul de filmare se poate întîmpla uneori ca acestea să sufere deteriorări, plesnituri sau rupturi. Intrarea în maşina de developat a unui negativ cu o singură perforaţie ruptă poate duce la agăţarea lui în mecanismele maşinii şi la rebutare.

Pentru aceasta, înainte de încărcare în maşină negativul este controlat cu deosebită atenţie de către un developer. Controlul se face în camera obscură a maşinii respective, pe un derulator.

Orice porţiune care prezintă vreun defect al acestora se înlătură. Numai după acest control negativul poate fi încărcat în maşina de developat.

După developare, negativul împreună cu sensitograma care l-a însoţit se duc la secţia de sensitometrie, care citind şi trasînd curba acestei sensitograme, determină parametrii realizaţi ( $\gamma$ şi $D_c$), pe care îi înscrie în fişa de lucru.

După aceasta, negativul şi fişa lui de lucru sînt aduse la controlul tehnic, unde controlorii de calitate trec la examinarea lui. Se controlează starea mecanică, cît şi calitatea sa fotografică.

Controlul stării mecanice se face la derulator, examinînd în lumină reflectată starea suprafeţelor şi a perforaţiilor. Pe suprafeţe se verifică lipsa zgîrieturilor, a frecăturilor, a ciupiturilor etc, iar la perforaţii se controlează lipsa rupturilor, a plesniturilor sau a forţărilor.

Controlul fotografic constă în verificarea gradului de acurateţe al peliculei (lipsa petelor, a prafului sau a altor impurităţi), lipsa voalurilor, precum şi expunerea generală (densitatea) a negativului. De asemenea se verifică dacă parametrii obţinuţi la developarea negativului, $\gamma$ şi $D_c$, corespund cu etalonul.

## 5. Etalonarea negativelor

După efectuarea controlului tehnic, negativele developate sînt duse la secţia de montaj-negativ. Aici, cadrele sînt identificate după jurnalul de filmare trimis de operator o dată cu negativul respectiv, iar cele notate în jurnal pentru a fi copiate se lipesc cap la cap, formîndu-se bobine mari.

La negativele color, o dată cu această operaţie se decupează de la sfîrşitul fiecărui cadru cîte un număr de opt fotograme. Pe bucăţelele astfel obţinute se înseamnă numerele de identificare a cadrelor din care au fost scoase.

După aceasta, negativul astfel montat cît şi bucăţelele, în cazul negativelor color, se duc la atelierul de etalonaj pentru a se face etalonarea lor.

Etalonarea constă în aprecierea eventualelor diferenţe de densitate şi culoare (în cazul negativelor color) dintre diferitele cadre şi stabilirea unor corecţii în lumina de copiere sau filtre pentru fiecare cadru în parte, astfel ca după copiere, în copia pozitivă, toate cadrele să fie cît mai uniforme în ceea ce priveşte densitatea şi culoarea.

Pentru aceasta, etalonerul derulează încet pe un derulator cu lumină de jos negativul alb-negru, iar în cazul celor color bobiniţa formată prin lipirea cap la cap (în ordinea în care au fost lipite şi cadrele de negativ) a bucăţelelor tăiate de la sfîrşitul lor. În timpul derulării se apreciază densitatea şi culoarea fiecărui cadru, stabilind pentru fiecare corecţia necesară în numere de lumini de copiere pentru negativul alb-negru; pentru negativul color, pe lîngă luminile de copiere se stabilesc şi corecţiile de filtre. Toate aceste corecţii se înscriu într-un caiet, într-o anumită ordine, ce corespunde ordinii montării cadrelor în bobinele de negativ montate şi în bobiniţele de etalonare.

După aceasta se trece la confecţionarea fişei de lumini, conform valorilor şi ordinii înscrise în caiet. Totodată, pe marginea laterală a negativului se execută cu o maşină specială ancoşe la fiecare schimbare de cadru (lipitură).

Aceste ancoşe determină în maşina de copiat schimbarea cu o căsuţă a fişei de lumini, şi deci modificarea corecţiei de lumină şi culoare cu care se face copierea conform corecţiilor stabilite pentru fiecare cadru.

Copierea negativelor etalonate se face numai pe o peliculă pozitivă anume aleasă, căreia i s-au stabilit în prealabil condiţii standard de copiere şi developare.

În cazul negativelor color se copiază mai întîi numai bobiniţa de etalonare, după care se apreciază pozitivul obţinut; dacă este nevoie, se mai finiseză corecţiile stabilite în fişa de lumini, după care se trece la executarea copiei de lucru.

După executarea fişei de lumini, aceasta se anexează la cutia respectivă de negativ, iar în fişa de lucru se înscriu

parametrii de copiere şi developare a pozitivului, precum şi emulsia respectivă. După aceasta, lucrarea este dusă la secţia pregătire, pentru a fi pregătită pentru copiere.

6. Pregătirea negativului pentru copiere

Această fază constă din următoarele operaţii: lipirea la negativ a straturilor de copiere, ştergerea lui pentru îndepărtarea urmelor de praf sau a altor impurităţi şi bobinarea lui, în aşa fel încît să se găsească cu începutul în exteriorul bobinei şi emulsia în afară.

După aceste operaţii, negativul se dă la copiere.

7. Normarea peliculelor pozitive
pentru realizarea copiilor de lucru

Normarea peliculei pozitive pentru realizarea copiilor de lucru constă în a alege pentru aceste lucrări unele emulsii cu caracteristici fotografice şi sensitometrice cît mai apropiate şi în a stabili în prealabil pentru fiecare din ele condiţiile necesare de copiere pentru compensarea eventualelor diferenţe. În acest fel se asigură o constanţă a procesului pozitiv (facto de contrast şi densitate a copiilor), în fişele de etalonare alenegativelor cuprinzîndu-se numai corecţiile acestora.

Aceasta înseamnă că oricare negativ cu fişa sa de lumini se poate copia pe oricare emulsie de pozitiv cu corecţia sa de normare, obţinîndu-se copii identice.

Acest procedeu prezintă mai multe avantaje foarte însemnate:

- La terminarea unei emulsii de pozitiv se poate trece în continuare pe alta, cu aceleaşi rezultate, fără a mai fi nevoie de alte probe.

Scanned with OKEN Scanner

- Procesul de etalonare devine mult mai operativ, nu se mai fac probe numeroase, iar calitatea etalonării creşte, deoarece din două elemente variabile, diferenţele dintre negative şi diferenţele dintre emulsiile pozitive şi prelucrarea lor, ea de-a doua se elimină.
- Procesul pozitiv fiind constant şi optim, permite o apreciere mult mai sigură a calităţii fotografice a negativului filmat în copia de lucru. Avînd siguranţa parametrilor optimi ai copiei pozitive, deficienţele văzute pe ecran pot fi atribuite cu siguranţă negativului, respectiv procesului de filmare, acest lucru avînd o foarte mare importanţă pentru operativitatea intervenţiei în vederea înlăturării cauzei lor.

Normarea pozitivului alb-negru pentru copiile de lucru se face în modul următor:

Pe baza curbelor sensitometrice obţinute la încercarea peliculelor de la recepţionarea lor se alege numărul necesar de turnări (osii), avînd grijă ca cele alese să aibă valoarea coeficientului de contrast $\gamma$ egală cu cea indicată pentru copiile de lucru ( $\gamma = 3{,}00 \pm 0{,}2$), la un timp de developare normal, respectiv 3-3 1/2 min.

Se decupează apoi porţiuni de probă din fiecare turnare aleasă şi se copiază pe acestea o scală de densităţi (buline) pe maşina de copiat şi în condiţiile de copiere a copiilor de lucru.

Copierea se face cu o lumină de copiere bine determinată (de exemplu L-11) şi cu diferite valori ale unui filtru gri intercalat în calea fluxului luminos şi care realizează o modulare suplimentară a acestuia.

Probele astfel copiate se developează apoi în condiţiile standard pentru obţinerea $\gamma = 3{,}0$.

Se citesc apoi densităţile obţinute (două din ele $Dc_1$ şi $Dc_2$) pentru fiecare turnare şi valoare de filtru gri, alegîndu-se cele ce corespund unor valori etalon $Dc_1$ şi $Dc_2$. Valoarea

filtrului gri care a determinat obţinerea densităţii $Dc_1$ şi $Dc_2$ egale cu etalonul pentru o turnare constituie normarea acelei turnări, iar la copierea ei, pe lîngă fişa de lumini a negativului, se foloseşte şi acest filtru gri.

Valoarea densităţii acestuia se schimbă de la o turnare la alta şi el are rolul de a compensa diferenţele de sensibilitate dintre turnările peliculei pozitive.

Normarea peliculei pozitiv color pentru copiile de lucru are acelaşi scop ca şi în cazul celei alb-negru de a egaliza diferenţele de sensibilitate dintre diferitele turnări, însă în acest caz acest lucru se face pentru fiecare din cele trei straturi.

Pentru aceasta se folosesc în locul filtrului gri din cazul pozitivului alb-negru atît filtre gri neutru, cît şi filtre colorate, denumite f o r f i l t r e.

În funcţie de scala ce se foloseşte pentru copierea probelor, se disting trei principii de normare a pozitivului color:

- Prin expunerea directă în maşina de copiat, fără copierea unei scale, cu diferite valori ale forfiltrului, la care se adaugă şi un filtru cu densitatea $Do = Do_g + Do_p + Do_a$ a **tipului** de pelicule negative ce urmează a se copia pe pozitivul respectiv.
  În acest caz, normarea este dată de valoarea filtrelor gri şi color care au determinat obţinerea pe pelicula pozitivă în fiecare strat a unor densităţi egale între ele şi egale cu valoarea etalon;

$$Dg = Dp = Da = D_{etalon}$$

- Prin copierea unei scale gri neutru (filmată pe peliculă negativ alb-negru) cu diferite forfiltre. În acest caz, normarea este dată de valoarea filtrelor gri şi color care au determinat obţinerea pe pelicula pozitivă a unei scale de asemenea gri neutru cu valori ale densităţilor egale cu anumite valori etalon.

- Prin copierea unei scale gri neutru, filmată pe peliculă negativ color de tipul celor ce urmează a fi copiate pe pozitivul care se normează, cu diferite forfiltre.
În acest caz, normarea este dată de valoarea filtrelor gri şi color care au determinat obţinerea pe pelicula pozitivă a unei scale de asemenea gri neutru cu valori ale densităţilor egale cu anumite valori etalon.

Din metodele arătate, ultima este cea mai raţională, întrucît reproduce condiţiile reale de utilizare a pozitivului color. Astfel, corectarea densităţii de voal a negativului color, care pentru un anumit tip de peliculă negativă este aproximativ constantă, este introdusă automat în valoarea forfiltrului şi, în mare măsură, compensată de caracteristica de sensibilitate spectrală a pozitivului color. Rezultă de aici că valorile filtrelor utilizate în fişa de etalonare a negativului vor fi mult mai mici.

Această metodă însă, pentru a da rezultate optime, reclamă ca pozitivul color folosit să fie de tipul corespunzător negativelor utilizate.

Developarea probelor de normare se face întotdeauna în condiţiile standard ale procesului pozitiv color, urmărindu-se realizarea parametrilor $\gamma$ = const. şi $D_c$ =const. pe fiecare strat.

## 8. Developarea copiilor de lucru

Standardizarea executării copiilor de lucru alb-negru şi color pe lîngă normarea peliculelor pozitive şi a procesului de copiere impune şi riguroasa standardizare a procesului de developare.

Pentru aceasta, developarea se execută pe maşini de developare al căror proces este controlat şi reglat zilnic, atît în ceea ce priveşte parametrii chimici ai soluţiilor, cît şi cei fotografici ai procesului în ansamblu.

Scanned with OKEN Scanner

Developarea copiilor de lucru alb-negru şi color se face la factor de contrast constant, $\gamma$ =const.

Valoarea factorului de contrast pentru copiile alb-negru este $\gamma = 3{,}0 \pm 0{,}2$, iar pentru cele color $\gamma = 2{,}6 \pm 0{,}2$.

Totodată se urmăreşte şi constanţa densităţii de control $D_c$.

Pentru menţinerea constantă a factorului de contrast se aplică corecţii asupra timpului de revelare de la o turnare la alta sau cînd sensitograme de control reclamă acest lucru.

## 9. Controlul copiilor de lucru

După developare, copiile de lucru sînt duse la atelierul de sensitometreie, unde sînt citite densităţile de control ale scalelor copiate la sfîrşitul bobinelor şi care se înscriu apoi în fişa respectivă de lucru. Aceste densităţi de control indică dacă la realizarea copiilor s-au obţinut parametrii standard sau nu. După această operaţie, ele sînt duse la controlul tehnic pentru verificarea calităţii.

Controlul copiilor de lucru constă în două faze:

- În prima fază se verifică parametrii realizaţi la copiere şi developare prin confruntarea valorilor $\gamma$ şi $D_c$ înscrise în fişa de lucru cu valorile etalon.

- Cea de-a doua fază constă în controlul copiei prin vizionare pe ecarn. La vizionarea pe ecran se urmăreşte starea mecanică a copiei (zgîrieturi, frecături etc.), calitatea de prelucrare (acurateţea, pete, zonaje, impurităţi, efluvii, stabilitatea de copiere, etalonarea densităţii şi culorii diferitelor planuri), precum şi calitatea fotografică a negativului.

Acest control al calităţii fotografice a negativului, care se face prin intermediul copiei de lucru, prin vizionarea ei pe ecran, are o importanţă deosebită.

În urma acestei vizionări de-abia se poate stabili dacă negativul filmat are o calitate corespunzătoare şi dacă va putea fi folosit în montajul filmului.

În cazul în care se constată unele defecţiuni, se trece imediat la stabilirea cauzelor care le-au determinat şi se comunică acest lucru echipei pentru a întrerupe filmarea, a lua măsurile necesare de remediere sau, cînd este cazul, a refilma cadrele cu defecţiuni.

Dintre defecţiunile ce pot apărea în procesul de filmare şi care pot fi constatate cu ocazia vizionării copiei de lucru, cele mai importante sînt următoarele:

- Redarea incorectă a strălucirii subiectului, constînd din porţiuni prea întunecate alături de porţiuni prea luminoase şi lipsite de detalii (contrast de iluminare prea ridicat) sau invers, nediferenţierea suficientă a porţiunilor întunecoase de cele luminoase, însoţită de o senzaţie de "ceaţă" (contrast de iluminare prea scăzut).
- Densitatea generală a imaginii prea mică sau prea mare datorită expunerii necorespunzătoare (subexpunere sau supraexpunere). Această situaţie se poate remedia în anumite limite prin copierea cadrelor respective cu lumină mai multă sau mai puţină.
- Claritatea insuficientă datorită fie opticii dereglate sau murdare, fie "punerii la punct" a distanţei de la subiect la aparat necorespunzătoare.
- Obiecte străine în cadru, ca: reflectoare, microfoane sau alte elemente necesare procesului de filmare şi care din neatenţie sînt cuprinse în unghiul obiectivului.
- Efluvii, voaluri, halouri, care provin de obicei din manipulare neatentă a peliculei şi a aparatului de filmat.
- Stabilitatea insuficientă a imaginii, care constă în jocul ei pe orizontală, pe verticală sau în adîncime (pompare) şi care se datoreşte funcţionării defectuoase a aparatului de filmat.
- Zgîrtieturi, pete, zonaje etc. produse fie în procesul de developare a negativului şi neobservabile la contro-

lul manual al acestuia de după developare, fie în procesul de copiere a copiei de lucru.

Prin v i z i o n a r e a c o p i e i d e l u - c r u se face de fapt controlul definitiv şi riguros al calităţii tehnice a negativului şi, din această cauză, importanţa acestei operaţii este deosebită.

lo. Pregătirea negativelor pentru depozitare

După executarea copiei de lucru, negativele sînt aduse de la atelierul de copiere la controlul tehnic de calitate, unde se supun unui control asupra stării mecanice. Acest lucru este necesar în vederea depistării unor deteriorări (zgîrieturi, rupturi şi forţări de perforaţii etc.) care ar fi putut surveni în procesul de copiere.

După acest control, negativele sînt predate atelierului de montaj negativ, în vederea depozitării lor pînă la sfîrşitul filmărilor, cînd se va trece la montarea negativului filmului.

La montajul negativ se execută mai întîi operaţia de c l a s a r e a a negativelor. Aceasta constă din despărţirea negativului pe număr de cadre şi duble, făcîndu-se b o b i n i ţ e mici, fiecare bobiniţă reprezentînd un dublu al unui cadru.

Bobiniţele se etichetează cu numerele respective de cadru şi dublu, apoi se pun în cutii obişnuite de peliculă, pe care se notează datele necesare, inclusiv numărul comenzii şi numărul cutiei de montaj.

Totodată conţinutul cutiilor se trece într-un registru de evidenţă, care cuprinde numărul comenzii, al cutiei de montaj, al cadrelor şi dublelor, numere care la nevoie sau la executarea montajului negativului filmului să poată fi uşor găsite.

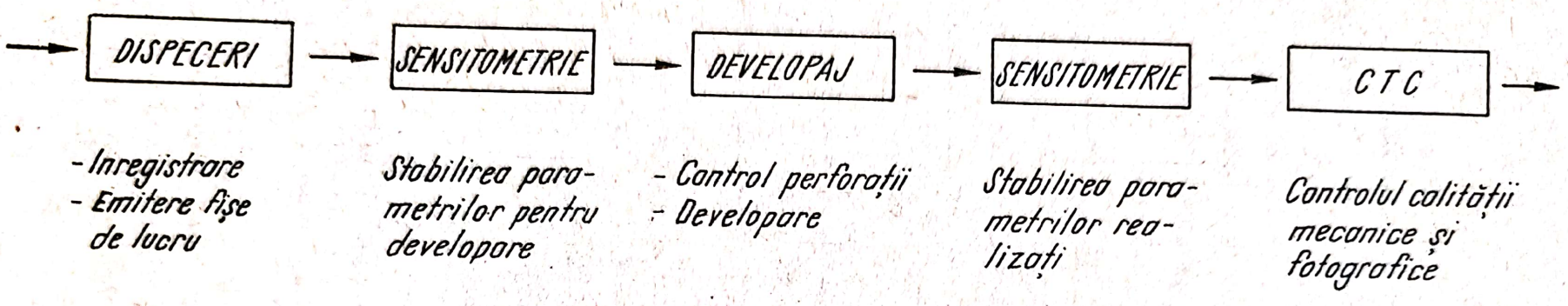



**Fig.160. Developarea negativelor - flux tehnologic.**

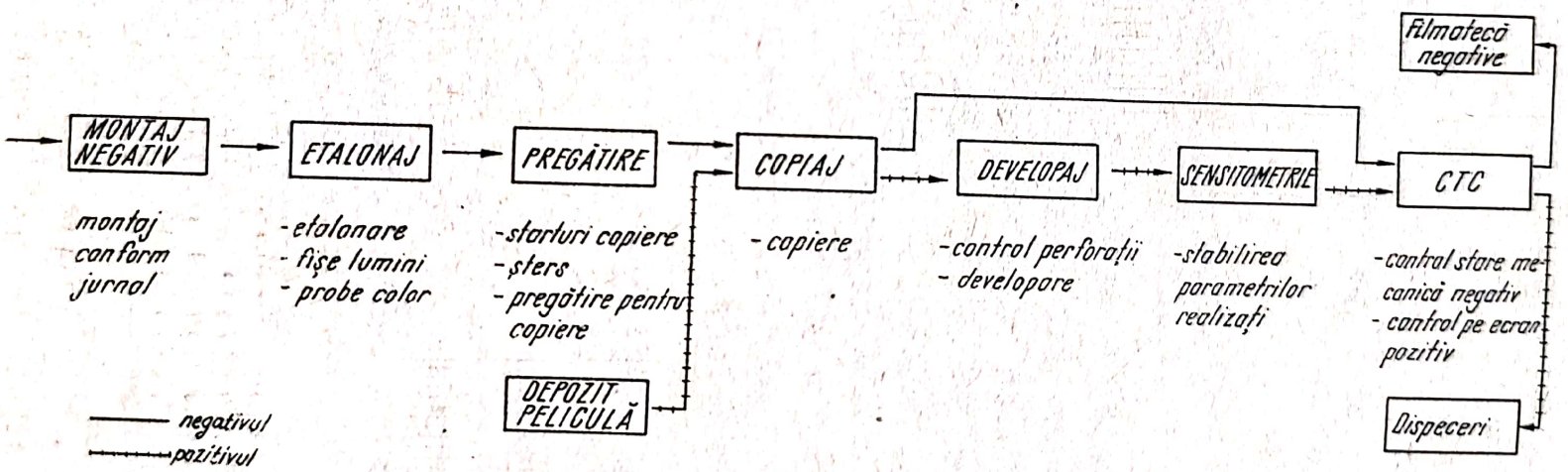



**Fig.161. Executarea copiilor de lucru - fluxul tehnologic.**

După această operaţie de clasare, negativele se depozitează în filmoteca de negative, unde se menţin condiţii bine determinate de temperatură şi umiditate, conform indicaţiilor date de fabricile producătoare.

Fluxul tehnologic al developării negativului şi a executării copiilor de lucru este redat schematic în figura 160 şi 161.

## Capitolul XVI

## PROCESE REVERSIBILE DE PRELUCRARE

### 1. Principiile procesului reversibil

În afara posibilităţii de reproducere a subiectului filmat prin intermediul a două procese separate (fig.162),există şi posibilitatea obţinerii reproducerii lui printr-un singur proces.

Procesul de prelucrare reversibil permite acest lucru şi el constă în înglobarea într-un singur proces a fazelor negativ-pozitiv, obţinîndu-se după prelucrarea peliculei filmate direct imaginea pozitivă a subiectului.

Principiul de bază al proceselor de prelucrare reversibile constă în următoarele:

Se revelează întîi imaginea negativă a subiectului, ca şi în cazul procesului negativ, fără însă a se trece la fixare. În acest stadiu, pelicula conţine două imagini bine determinate: imaginea negativă, formată din Ag metalic rezultat în urma revelării, şi o imagine inversă acesteia (deci o imagine pozitivă), formată din AgBr neimpresionată, care în faza primei revelări a rămas ca atare nefiind redusă în Ag metalic.

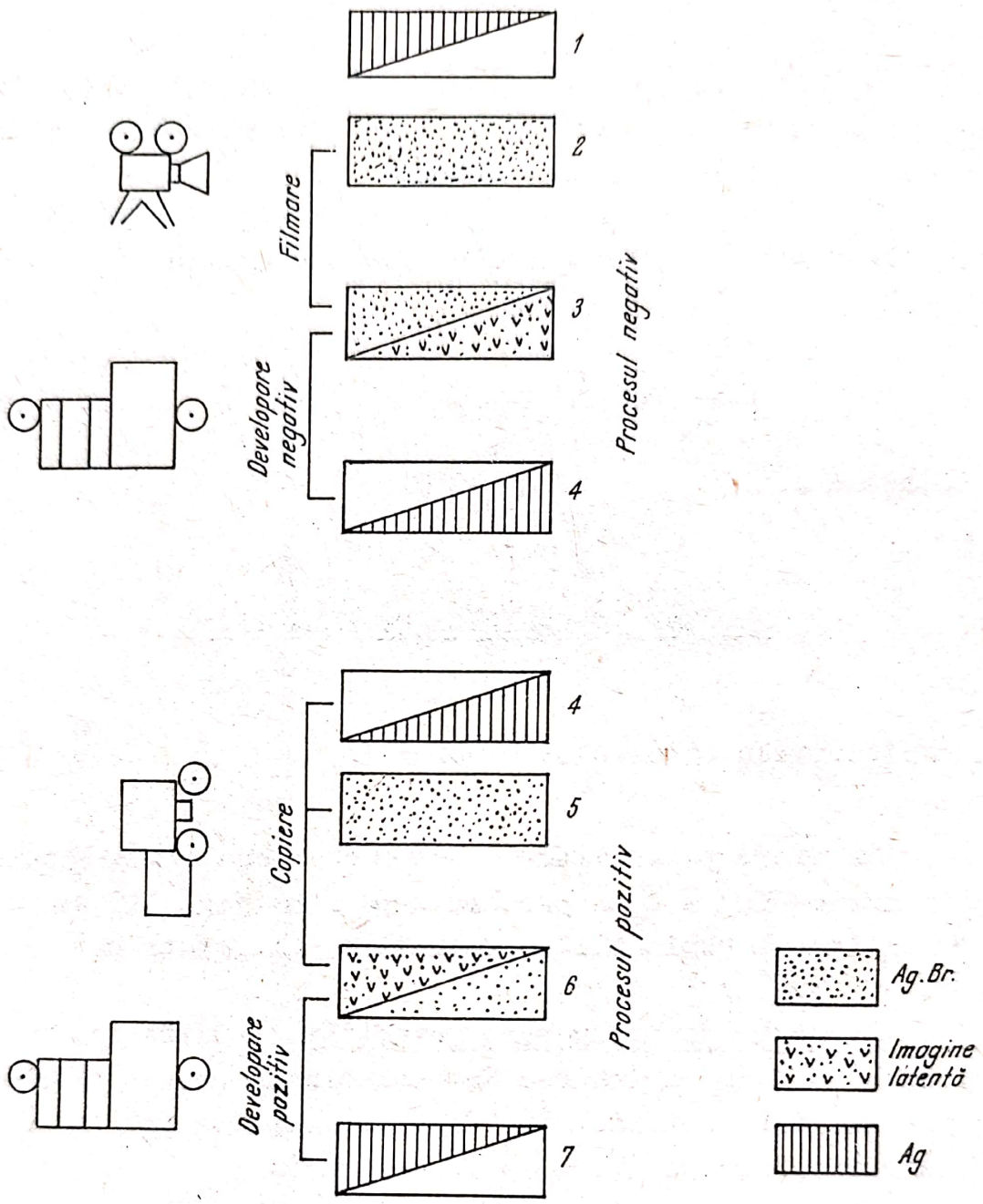



Fig.162. Schema obţinerii imaginii prin procedeul negativ-pozitiv: 1- subiectul; 2- negativul virgin; 3- negativul expus; 4- negativul developat; 5- pozitivul virgin; 6- pozitivul copiat; 7- pozitivul developat.

Se trece apoi la eliminarea imaginii negative (formată din Ag metalic) prin trecerea peliculei printr-o soluţie specială adecvată acestui scop.

În urma acestui tratament, în peliculă rămîne numai o singură imagine (acea formată din AgBr şi care este o imagine pozitivă).

- În continuare se face o iluminare a peliculei, proces în care AgBr care formează imaginea pozitivă este impresionată devenind susceptibilă de a fi redusă în Ag metalic în urma unei revelări.

După aceasta, pelicula se supune unei a doua revelări, în care apare imaginea argentică pozitivă a subiectului, care se fixează, se spală şi se usucă, obţinîndu-se astfel direct imaginea pozitivă a subiectului (fig.163).

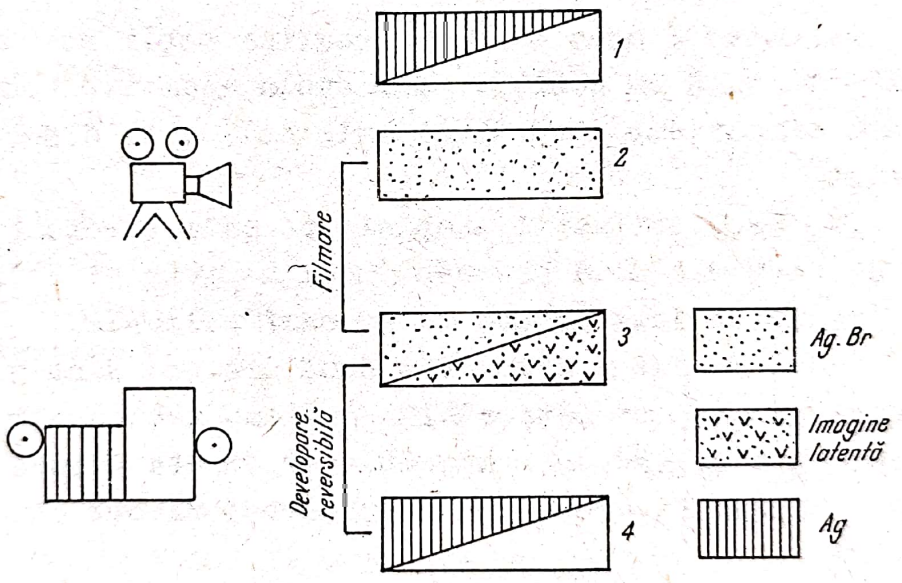



Fig.163. Schema obţinerii imaginii prin procedeul reversibil: 1- subiectul; 2- pelicula reversibilă virgină; 3- pelicula reversibilă expusă; 4- peliculă reversibilă developată.

În cazul peliculelor color, procesul diferă întrucîtva datorită faptului că la acesta, o dată cu apariţia imaginii

argentice, apare şi imaginea formată din coloranţi. Pentru aceasta, la prima revelare se foloseşte un revelator alb-negru, în timp ce la a doua revelare se foloseşte revelatorul cromogen.

Eliminarea imaginii negative argentice rezultată în urma primei revelări nu se mai face separat înaintea revelării a doua, ci după aceasta, o dată cu înlăturarea Ag şi din imaginea pozitivă formată.

Astfel, pe calea proceselor reversibile se poate obţine direct imaginea pozitivă a subiectului filmat, fie alb-negru, fie color.

Dacă însă în loc de filmare se porneşte de la copierea unei imagini pozitive sau negative pe peliculă reversibilă şi se prelucrează prin acest procedeu, se poate obţine un dublu identic al imaginii copiate.

Pe această cale se pot realiza copii pozitive, copiate direct după un pozitiv, sau dublu negative (contratipe), copiate direct după negativul original, atît alb-negru cît şi color.

Procesul obţinerii imaginii pe cale reversibilă se compune de fapt din două procese, unul negativ şi celălalt pozitiv, realizate însă pe una şi aceeaşi peliculă.

Ca şi în cazul cînd cele două procese sînt separate, şi în cazul procesului reversibil densitatea şi contrastul imaginii negative depind de compoziţia şi durata primei revelări, aceasta putînd fi considerată sub acest raport ca o revelare negativă.

Densitatea şi contrastul imaginii pozitive depind de compoziţia şi durata celei de-a doua revelări, aceasta putînd fi considerată sub acest raport ca o revelare pozitivă.

Iluminarea în procesul reversibil îndeplineşte aceeaşi funcţie ca şi copierea negativului pe pelicula pozitivă în procesul negativ-pozitiv separat.

Această analogie este valabilă însă numai în principiu, deoarece practic interdependenţa dintre efectele celor două revelări cînd sînt efectuate pe una şi aceeaşi peliculă (ca-

zul prelucrării reversibile), cît şi condiţiile şi parametrii specifici ai fiecăruia în parte fac ca ele să difere mult de cele folosite în procesele separate, aceasta mai ales în ceea ce priveşte revelarea I.

## 2. Schema procesului reversibil alb-negru

Procesul reversibil alb-negru se compune în general din următoarele faze şi durate de tratament:

| | |
|---|---|
| - revelarea I | 12 min |
| - spălare | 1o min |
| - inversare | 3-5 min |
| - spălare | 5 min |
| - clarificare | 5-7 min |
| - spălare | 5 min |
| - iluminare | 5 min |
| - revelarea a II-a | 6-8 min |
| - spălare | 1 min |
| - fixare | 5 min |
| - spălare finală | 3o min |
| - uscare | - |

Schema de mai sus este dată pentru peliculele reversibile alb-negru de fabricaţie ORWO, însă ea este valabilă şi pentru majoritatea altor produse de acest sortiment.

Temperatura soluţiilor este de 2o° C.

Duratele tratamentului în aceste faze poate varia în anumite limite, de la un tip de peliculă la altul.

Compoziţia soluţiilor este următoarea:

Revelatorul I

| | | |
|---|---|---|
| - Metol | 2 | g/ℓ |
| - $Na_2SO_3$ | 25 | g/ℓ |
| - Hidrochinonă | 14 | g/ℓ |

- K Br 2 g/ℓ
- $K_2CO_3$ 4o g/ℓ
- $Na_2SO_4$ 1o g/ℓ
- NaOH 2 g/ℓ
- KSCN 2,5 g/ℓ

Baia de inversare

- $K_2Cr_2O_7$ 5 g/ℓ
- $H_2SO_4$ conc 5 g/ℓ

Baia de clarificare

- $Na_2SO_3$ 5o g/ℓ

Revelatorul II

- Metol 5 g/ℓ
- $Na_2SO_3$ 4o g/ℓ
- Hidrochinonă 6 g/ℓ
- KBr 2 g/ℓ
- $K_2CO_3$ 4o g/ℓ

Baia de fixare

- $Na_2S_2O_3$ 2oo g/ℓ
- $K_2S_2O_5$ 2o g/ℓ

Compoziţia soluţiilor nu este riguroasă, ele putînd diferi atît în ceea ce priveşte componenţii, cît şi concentraţiile lor în funcţie de diferitele tipuri de pelicule sau de condiţiile specifice de lucru; aceasta mai ales în ceea ce priveşte revelatorul I, revelatorul II şi baia de fixare.

Scanned with OKEN Scanner

3. Schema procesului reversibil color

În cadrul peliculelor reversibile color folosite în cinematografie se disting două categorii distincte: pelicule reversibile pentru filmare (film îngust) şi pelicule reversibile de contratipe , numite şi d u p - n e g a t i v e color reversibile.

Cu primele se obţine direct imaginea pozitivă color a subiectului filmat, iar cu cele din categoria a doua negative duplicat color (contratipe), în urma copierii negativelor color.

Datorită diferenţierii structurale a acestor două categorii de pelicule (cele destinate copierii de contratipe au înglobată în stratul de emulsie o mască de corecţie a distorsiilor eventuale de culoare), şi procesele lor de prelucrare sînt diferite.

Dăm mai jos schemele celor două procese pentru peliculele de fabricaţie ORWO:

a) Pentru peliculele destinate filmării (film îngust) - de exemplu: UT 13, UT 16, UK 14, UK 18 etc.):

| | | |
|---|---|---|
| - revelarea I (alb-negru) | 32 min | 18 ± o,25°C |
| - spălare | 25 min | 12 - 15 |
| - iluminare | 5 min | |
| - revelarea a II-a (color) | 1o min | 18 ± o,5 |
| - spălare | 25 min | 12 - 15 |
| - înălbire | 5 min | 17 ± 1 |
| - spălare | 1o min | 12 - 15 |
| - fixare tanare | 5 min | 18 ± 1 |
| - spălare | 25 min | 12 - 15 |
| - uscare | - | - |

Compoziţia soluţiilor este următoarea:

## Revelatorul I (alb-negru)

| | | |
|---|---|---|
| - A 9ol (hexametafosfat Na, K) | 2 g/ℓ | pH 7,2-7,4 |
| - $Na_2SO_3$ | 5o g/ℓ | |
| - Amidol | 5 g/ℓ | |
| - KBr | 2 g/ℓ | |

## Revelatorul II (color)

| | | |
|---|---|---|
| - A 9ol (hexametafosfat Na,K) | 3 g/ℓ | pH 1o,7-11,o |
| - $(NH_2OH)_2.H_2SO_4$ | 1,2 g/ℓ | |
| - T 32 | 6 g/ℓ | |
| - $K_2CO_3$ | 75 g/ℓ | |
| - $Na_2SO_3$ | 2 g/ℓ | |
| - KBr | 2,5 g/ℓ | |

## Baia de înălbire

| | | |
|---|---|---|
| - $K_3[Fe(CN)_6]$ | 1oo g/ℓ | pH 6,o-6,5 |
| - KBr | 15 g/ℓ | |
| - $KH_2PO_4$ | 5,8 g/ℓ | |
| - $Na_2HPO_4.12\ H_2O$ | 4,3 g/ℓ | |

## Baia de fixare-tanare

| | | |
|---|---|---|
| - $H_3BO_3$ | 2 g/ℓ | pH 4,6-5,o |
| - $C_6H_5SO_2Na.2\ H_2O$ | 2 g/ℓ | |
| - $CH_3\ COO\ Na$ | 2o g/ℓ | |
| - $KAl(SO_4)_2.\ 12\ H_2O$ | 3o g/ℓ | |
| - $(NH_4)_2SO_4$ | 45 g/ℓ | |
| - $Na_2S_2O_3$ | 12o g/ℓ | |

Scanned with OKEN Scanner

b) Pentru peliculele destinate contratipării (de exemplu: DC 2):

| | | |
|---|---|---|
| - revelarea I (alb-negru) | 13 min | 2o ± o,25°C |
| - spălare duş | 1 min | 12 - 15 |
| - baie stop | 2-3 min | 2o ± 1 |
| - spălare duş | 5-1o min | 12 - 15 |
| - iluminare (circa 3o ooo lx/s) | 3o s | - |
| - revelarea a II-a (color) | 15 min | 2o ± o,5 |
| - spălare duş | 15 min | 12 - 15 |
| - înălbire | 5 min | 2o ± 1 |
| - spălare duş | 5 min | 12 - 15 |
| - fixare | 5 min | 2o ± 1 |
| - spălare finală | 15 min | 12 - 15 |

Compoziţia soluţiilor este următoarea:

Revelatorul I (alb-negru)

| | | |
|---|---|---|
| - A 9o1 (hexametafosfat Na,K) | 2 g/ℓ | pH 9,8-1o,2 |
| - Metol | 2 g/ℓ | |
| - $Na_2SO_3$ | 25 g/ℓ | |
| - Hidrochinonă | 4 g/ℓ | |
| - $Na_2CO_3$ | 18,5 g/ℓ | |
| - KBr | 2 g/ℓ | |

Baia stop

| | | |
|---|---|---|
| - $CH_3COO$ Na | 15 g/ℓ | pH 4,o-4,3 |
| - $CH_3COOH$ | 25 cc/ℓ | |

Revelatorul II (color)

| | | |
|---|---|---|
| - A 9o1 (hexametafosfat Na,K) | 3 g/ℓ | pH 1o,7-11,o |
| - $(NH_2OH)_2 \cdot H_2SO_4$ | 1,2 g/ℓ | |
| - T 22 (TSS) | 2,75 g/ℓ | |
| - $K_2CO_3$ | 75 g/ℓ | |
| - $Na_2SO_3$ | 2 g/ℓ | |
| - KBr | 2 g/ℓ | |

Baia de înălbire

| | |
|---|---|
| - $K_3 [Fe(CN)_6]$ | 40 g/ℓ pH 5,0-5,5 |
| - KBr | 15 g/ℓ |
| - $KH_2PO_4$ | 25 g/ℓ |

Baia de fixare

| | |
|---|---|
| - $Na_2S_2O_3$ | 80 g/ℓ pH 6,3-6,9 |
| - $NH_4Cl$ sau $(NH_4)_2 SO_4$ | 80 g/ℓ |

4. Fazele proceselor reversibile

Procesul reversibil alb-negru (fig.164). Revelarea 1. În această fază are loc revelarea imaginii latente negative a subiectului filmat. În acest proces, cristalele de AgBr impresionate de lumină sînt reduse în Ag metalic cu ajutorul substanţelor revelatoare, obţinîndu-se pe peliculă imaginea negativă argentică a subiectului. Totodată însă trebuie observat că, alături de această imagine negativă argentică, în urma revelării I, neavînd loc un proces de fixare, pe peliculă apare şi imaginea pozitivă a subiectului, formată din AgBr neimpresionată, şi deci nedevelopată.

Revelatorul folosit pentru aceasta trebuie să îndeplinească unele condiţii particulare procesului reversibil, şi anume: să fie destul de energic pentru a asigura obţinerea unui factor de contrast mai ridicat decît la negative, să asigure o densitate de voal scăzută, să reducă în totalitate AgBr impresionată în porţiunile de expuneri maxime şi să asigure în acelaşi timp o granulaţie cît mai fină.

Pentru realizarea celor de mai sus se remarcă în compoziţia acestui revelator unele particularităţi, cum ar fi: concentraţia în hidrochinonă mult mai ridicată, prezenţa NaOH ca accelerator puternic, precum şi a KSCN pentru asigurarea granulaţiei fine.

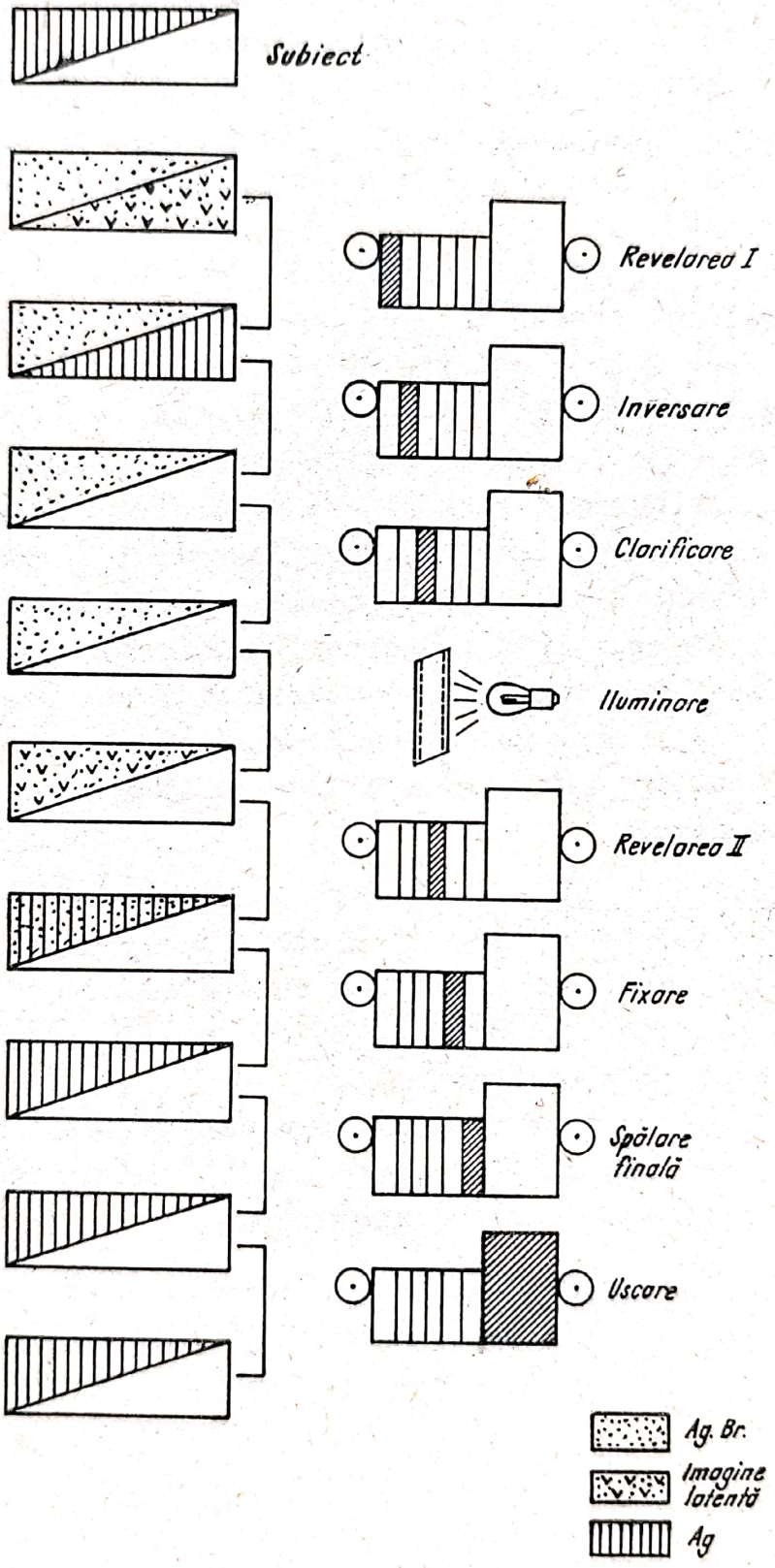



Fig.164. Fazele procesului reversibil alb-negru.

Scanned with OKEN Scanner

Inversarea. În această fază, imaginea negativă argentică este înlăturată prin tratarea Ag metilic cu un oxidant puternic, de obicei bicromatul de potasiu în mediu acid. În urma acestui tratament se formează săruri solubile de Ag, care sînt apoi înlăturate. După această fază, în peliculă rămîne numai imaginea pozitivă a subiectului, formată din AgBr neimpresionată.

- Clarificarea. Această fază are rolul de a elimina coloraţia galbenă rămasă în urma procesului de inversare. Acest lucru se face într-o soluţie de sulfit de sodiu.

- Iluminarea. Prin această operaţie, AgBr rămasă în peliculă şi care formează acum imaginea pozitivă a subiectului se impresionează. Pelicula se trece prin faţa unor lămpi aşezate de-a lungul traseului ei. Această iluminare este astfel determinată încît să fie totală, adică să asigure impresionarea nediferenţiată a întregii cantităţi de AgBr Modularea de lumină determinată de subiect şi reprezentîndu-l pe acesta a fost fixată pe peliculă prin prima revelare şi transmisă automat AgBr rămase după înlăturarea imaginii negative argentice.

- Revelarea II. În această fază are loc reducerea AgBr impresionate în urma iluminării în Ag metalic, obţinîndu-se astfel imaginea pozitivă a subiectului. Această revelare nu are particularităţi deosebite, ea avînd în general caracterul unei revelări obişnuite.

După aceste faze urmează fixarea, spălarea şi uscarea peliculei, care se desfăşoară în condiţiile standard folosite pentru procesele pozitiv alb-negru.

Procesul reversibil color (fig.165, 166).

Revelarea I (alb-negru). Această fază este analogă cu cea de la procesul reversibil alb-negru, cu deosebirea că fiind vorba de o peliculă color cu trei straturi, revelarea imaginii negative are loc în toate cele trei straturi, după cum aufost impresionate în funcţie de culorile subiectului.

Pelicula fiind color, iar această revelare efectuîndu-se într-un revelator alb-negru, bineînţeles că imaginea obţinută

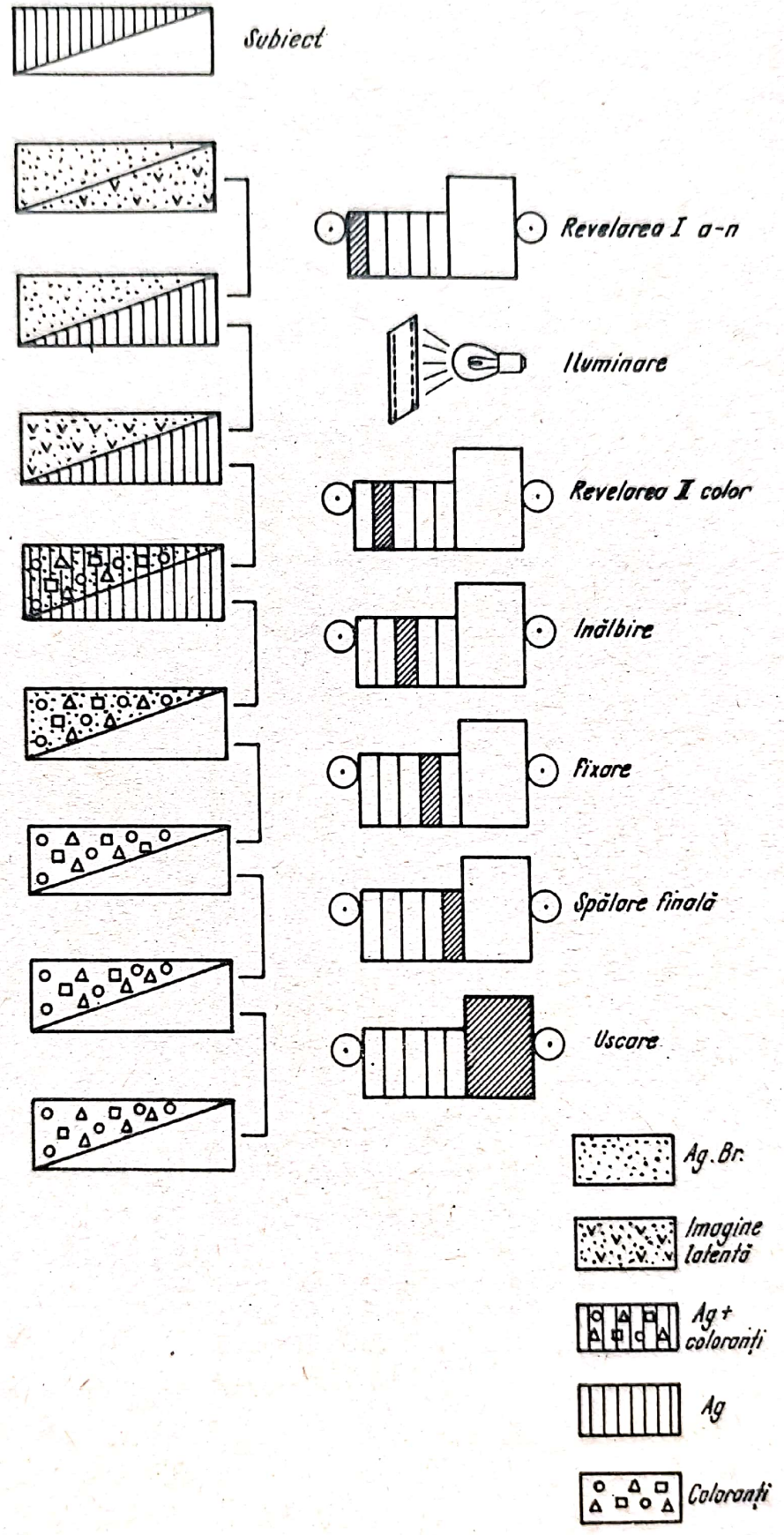



Fig.165. Fazele procesului reversibil color.

Scanned with OKEN Scanner

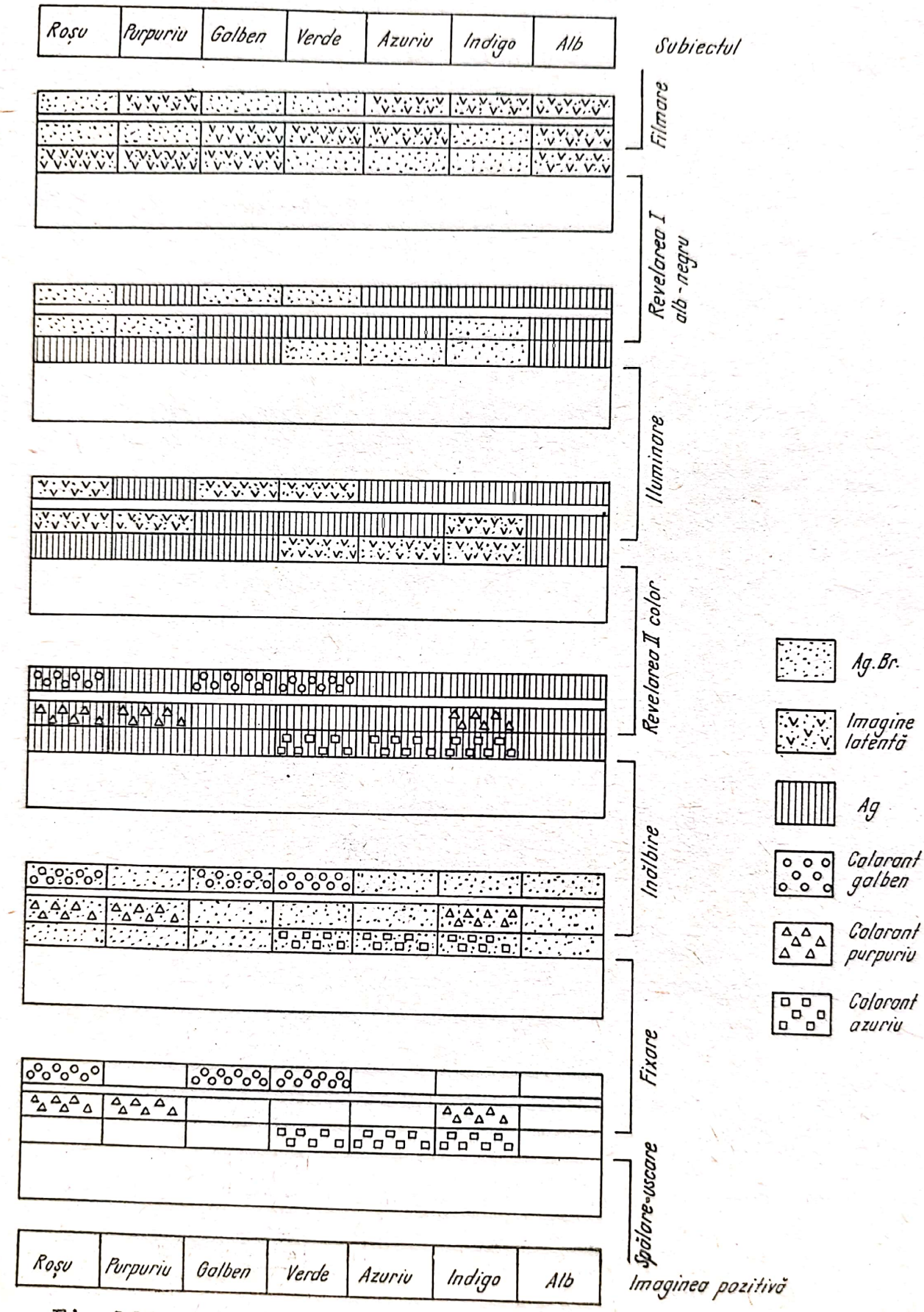



Fig.166. Schema redării culorilor în procesul reversibil.

Scanned with OKEN Scanner

nu va fi formată din coloranţi,ci numai din Ag metalic,şi ea va integra participarea unuia sau mai multor straturi, după cum au fost impresionate.

In urma acestei revelări,alături de imaginea negativă argentică integrată (nediferenţiată pe straturi) apare şi imaginea pozitivă formată din AgBr neimpresionată şi nerelevată,aceasta fiind însă diferenţiată pe straturi.

Iluminarea. Ca şi în cazul procesului reversibil alb-negru,această operaţie îndeplineşte acelaşi rol şi se execută în aceleaşi condiţii.

Revelarea II. In această fază are loc reducerea AgBr impresionate în urma iluminării în Ag metalic, concomitent cu formarea de coloranţi.Astfel apare imaginea pozitivă a subiectului,formată atît din Ag metalic cît şi din coloranţi. La formarea acestei imagini participă diferenţiat toate cele trei straturi.Această revelare nu are particularităţi deosebite,ea avînd în general caracterul revelării cromogene standard.

Inălbirea. In această fază are loc trecerea Ag metalic într-un complex care rămîne în straturile de emulsie şi se elimină ulterior în procesul de fixare,astfel ca în final imaginea să rămînă formată exclusiv din coloranţi.Această fază este similară cu cea corespunzătoare din procesul color standard cu particularitatea că,o dată cu eliminarea imaginii pozitive argentice,are loc şi eliminarea imaginii negative argentice care a fost obţinută în urma primei revelări (alb-negru).

După aceste faze urmează fixarea,spălarea şi uscarea peliculei,care se desfăşoară în condiţiile standard folosite pentru procesele color.

Atît la procesul reversibil alb-negru cît şi la cel color,între diferitele faze sînt intercalate spălări intermediare,fie în cuve clasice fie cu duşuri.Rolul acestor spălări este de a elimina din emulsia peliculei urmele de soluţie în care a fost tratată ,pentru a evita impurificarea soluţiei următoare şi a înlătura posibilitatea apariţiei în stratul de emulsie a unor reacţii între diferitele soluţii de prelucrare cu efecte defavorabile pentru imagine.

## 5. Tehnologia developării reversibile

Peliculele reversibile diferă în ceea ce priveşte caracteristicile, regimul tehnologic, componenţii şi concentraţiile lor în soluţii de la un fabricat la altul şi de la un sortiment la altul. Din această cauză, la prelucrarea lor trebuie bine cunoscute şi aplicate riguros prescripţiile de prelucrare indicate de fabrica producătoare pentru sortimentul respectiv.

Aceasta, deoarece procesul reversibil fiind mai complex decît cel negativ sau pozitiv separat, rezultatele optime nu pot fi obţinute decît respectînd indicaţiile fabricii producătoare, atît în ceea ce priveşte durata diferitelor faze, cît şi mai ales componenţii soluţiilor şi concentraţiile lor.

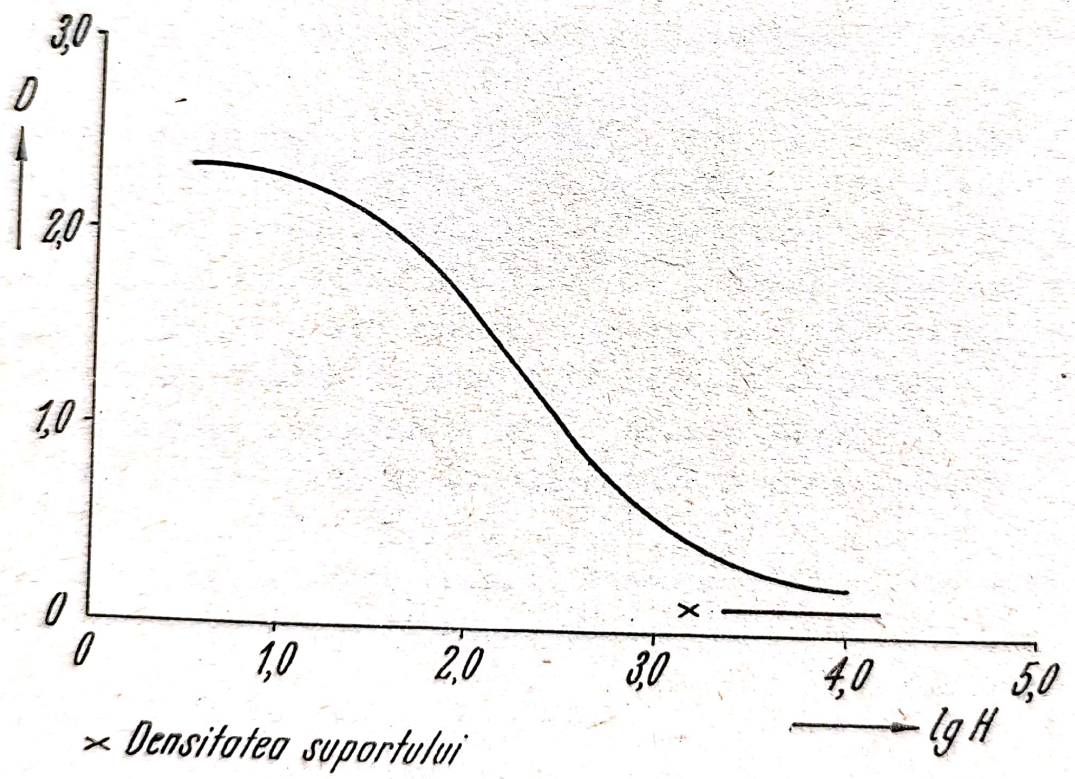



Fig.167. Curba caracteristică a peliculei reversibile alb-negru ORWO UP-21.

Developarea peliculelor reversibile se face la un factor de contrast $\gamma$ ,densitatea de voal Do şi densitatea maximă $D_{max}$, bine determinate cu ajutorul curbelor caracteristice(fig.167, 168).

Pentru obţinerea rezultatelor optime la peliculele reversibile, aceşti parametri trebuie să aibă următoarele valori:

$$\gamma_{rev} = 0,9 - 1,2;\ Do < 0,06;\ D_{max} = 2,2 - 2,3.$$

Obţinerea valorilor $\gamma_{revers}$ şi Do indicate este raţional să se facă pe calea reglării în funcţie de condiţiile locale de

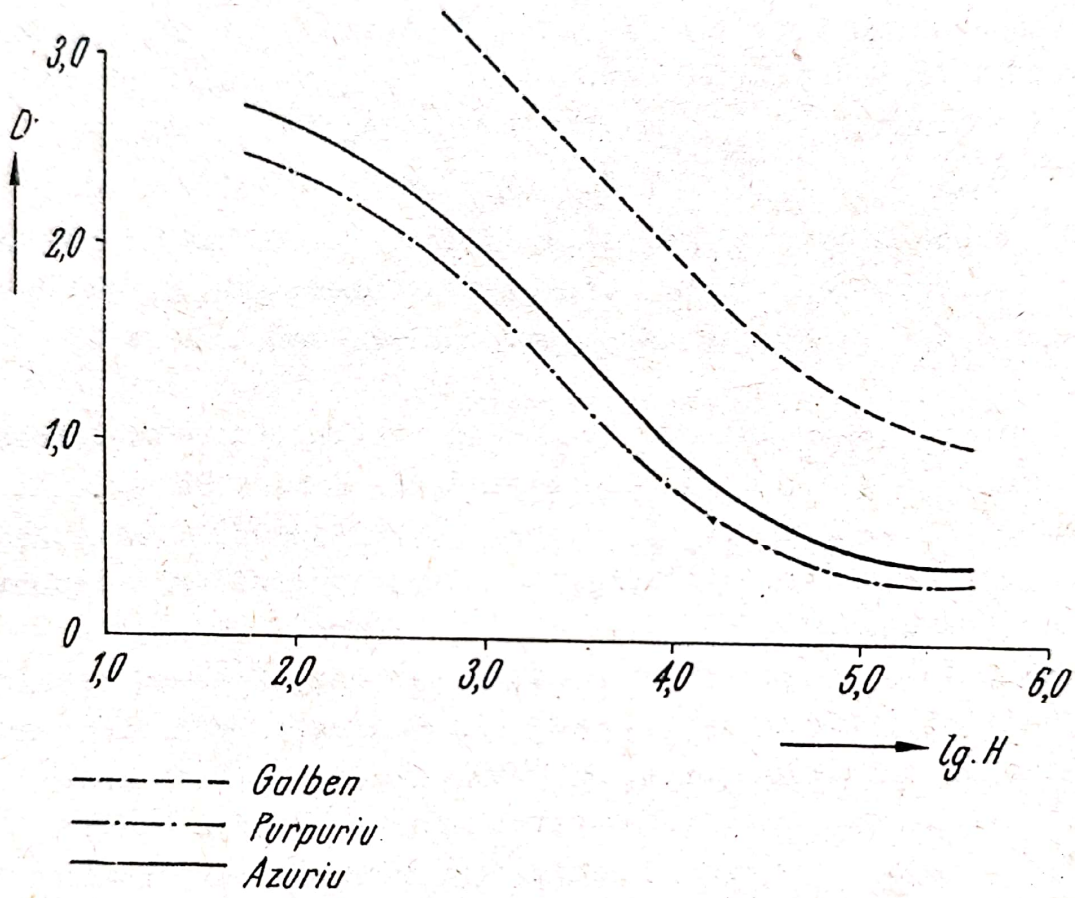



Fig.168. Curba caracteristică a peliculei reversibile color pentru contratipare ORWO-COLOR DC-2.

prelucrare a $t_{rev}$ I şi a concentraţiei substanţei antivoal din primul revelator; obţinerea valorii $D_{max}$ indicate se poate face reglînd $t_{rev}$ II şi concentraţiile componenţilor acestuia.

Modificările de concentraţii efectuate însă nu trebuie să fie apreciabile faţă de cele indicate de fabrică.

În general, la punerea în funcţiune a procesului se efectuează aceste reglări, după care, o dată condiţiile optime sta-

bilite, este necesar ca atît concentraţiile componenţilor soluţiilor cît şi $t_{rev}$ I şi $t_{rev}$ II să rămînă constante. Numai în acest fel se poate obţine o standardizare a procesului.

În cazul trecerii de la o emulsie la alta este necesar a se determina parametrii necesari de prelucrare pentru noua emulsie. Pentru aceasta se efectuează curbele $\gamma_{rev} = f(t\ I)$; $D_o = f(t\ I)$; $D_{max} = f\ (t\ I)$ pentru noua emulsie, developînd sensitogramele la diferite valori t I (durata primei revelări) şi menţinînd constante celelalte faze. În cazul cînd la o anumită valoare t I se îndeplinesc condiţiile $\gamma_{rev}$ şi Do, însă nu se realizează condiţia $D_{max}$, se vor face încercări şi în ceea ce priveşte $D_{max} = f\ (t\ II)$. Dacă în urma acestor curbe rezultă ca necesară o modificare a valorii t II faţă de situaţia în care s-au efectuat primele curbe, atunci este necesar a se relua din nou primele încercări, de data asta însă cu valoarea t II modificată.

În afara regimului de prelucrare, standardizarea proceselor reversibile depinde în mare măsură şi de corecta expunere la filmare sau la copiere (în cazul peliculelor de contratipare), aceasta datorită latitudinii de expunere mult mai reduse a acestor pelicule.

Controlul procesului reversibil se poate face pe cale sensitometrică (prin sensitograme), însă acestea reprezentînd rezultatul în ansamblu, nu arată care anume din faze este deficitară. De aceea, în cazul acestui proces, trebuie dată o deosebită atenţie controlului chimic şi condiţiilor fizice.

Un control fotografic mai eficient însă poate fi totuşi realizat pe calea controlării separate a celor doi revelatori cu sensitograme separate.

Astfel, pentru prima fază, sensitograma de control se încarcă de la începutul procesului, însă după revelarea I se scoate, se fixează, se spală şi se usucă separat, după care se citeşte şi se trasează curba sensitometrică.

Pentru faza a doua, o altă sensitogramă de control se încarcă, de data aceasta pe parcursul procesului, la începutul revelării II, lăsîndu-se apoi să parcurgă restul procesului.

Astfel, fiecare din aceste sensitograme reprezintă cîte o fază a procesului. Ele trebuie să indice valorile $\gamma$ , Do şi Dc sau $D_{max}$ constante, iar în cazul unor abateri indică faza unde acestea au avut loc (fig.169 şi 17o).

Celelalte faze ale procesului, ca: reversarea şi clarificarea în cazul peliculelor alb-negru sau înălbirea în cazul peliculelor color, precum şi iluminarea şi fixarea, trebuie să fie procese totale.

Aceasta, pe lîngă faptul că se impune din principiu,contribuie într-o mare măsură la înlăturarea unor cauze de variaţii în rezultatul final al procesului.

În ceea ce priveşte faza de iluminare, la maşinile de developat moderne aceasta se face într-o cuvă din material transparent, sub apă. Iluminarea în apă elimină apariţia pe peliculele color a petelor sub formă de inele roşii datorită picăturilor de apă ce rămîneau pe suprafaţa peliculei în timpul iluminării în cazurile cînd aceasta nu se făcea sub apă. Împotriva acestui efect, în lipsa iluminării în imersie, se poate folosi fie un tambur de ştergere a picăturilor din burete moale, fie o soluţie detergentă.

Totodată, iluminarea sub apă înlătură şi încălzirea peliculei de la lămpile de iluminare.

Iluminarea se efectuează cu două lămpi cu incandescenţă de cîte 5oo W, la o distanţă de 25 cm de peliculă, în cazul iluminării în imersie, şi de 75 cm de peliculă, în cazul iluminării în aer. Durata iluminării poate varia între 3o s şi 5 min, în funcţie de puterea lămpilor şi de distanţa de la ele la peliculă. Lămpile se plasează în lungul traseului peliculei (fig.171).

O dată cu faza de iluminare, atît procesul alb-negru cît şi cel color se pot desfăşura în continuare la lumină.

La procesul color, o atenţie deosebită trebuie dată şi asigurării în prelucrare a menţinerii balansului de culoare dat de fabrică. Acest lucru se realizează prin menţinerea riguroasă a prescripţiilor de prelucrare indicate de fabrică.

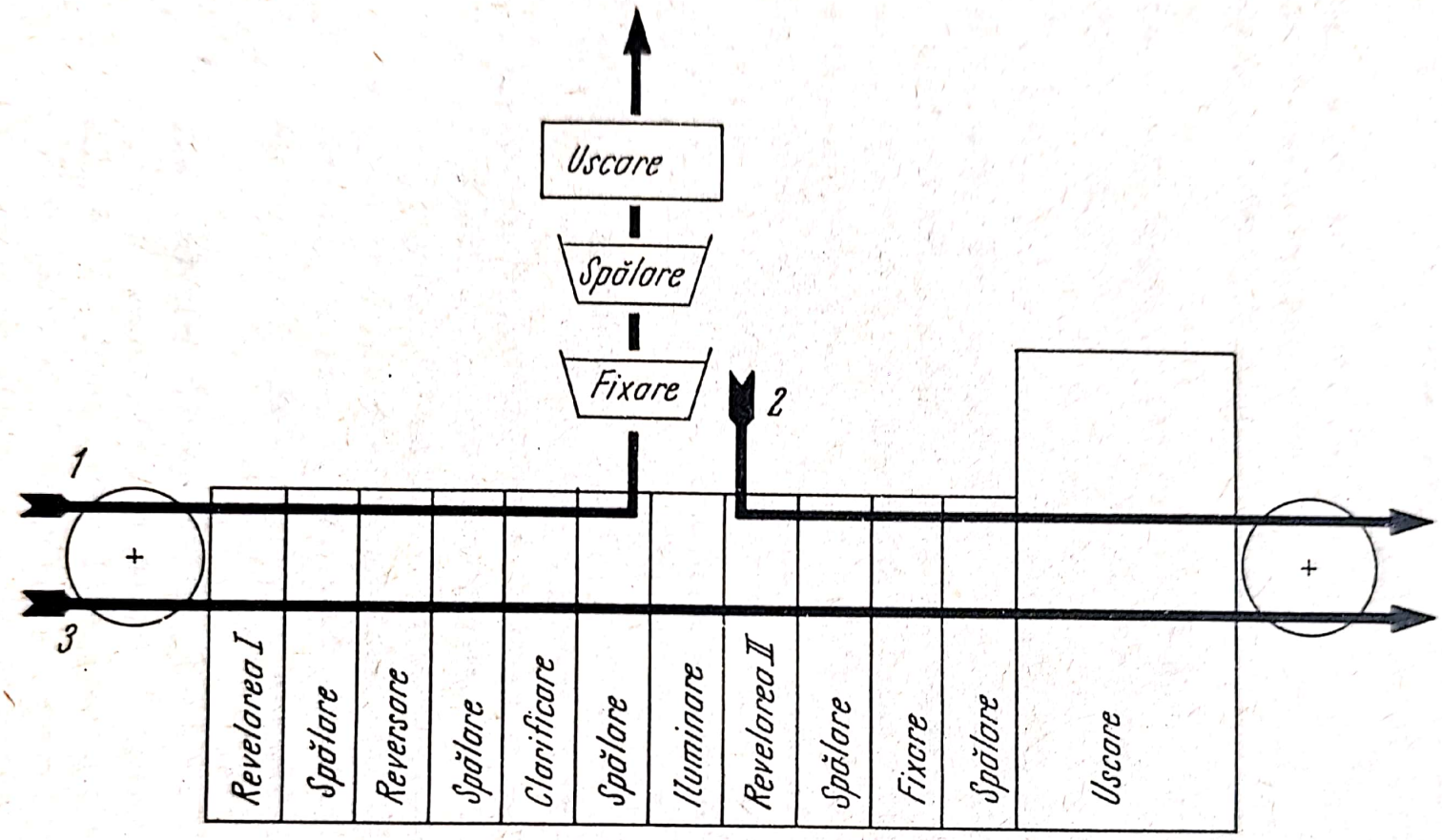



Fig.169. Schema traseului sensitogramelor pentru controlul procesului reversibil alb-negru, separat pe faze şi global:
1- controlul revelării I; 2- controlul revelării II; 3- controlul global.

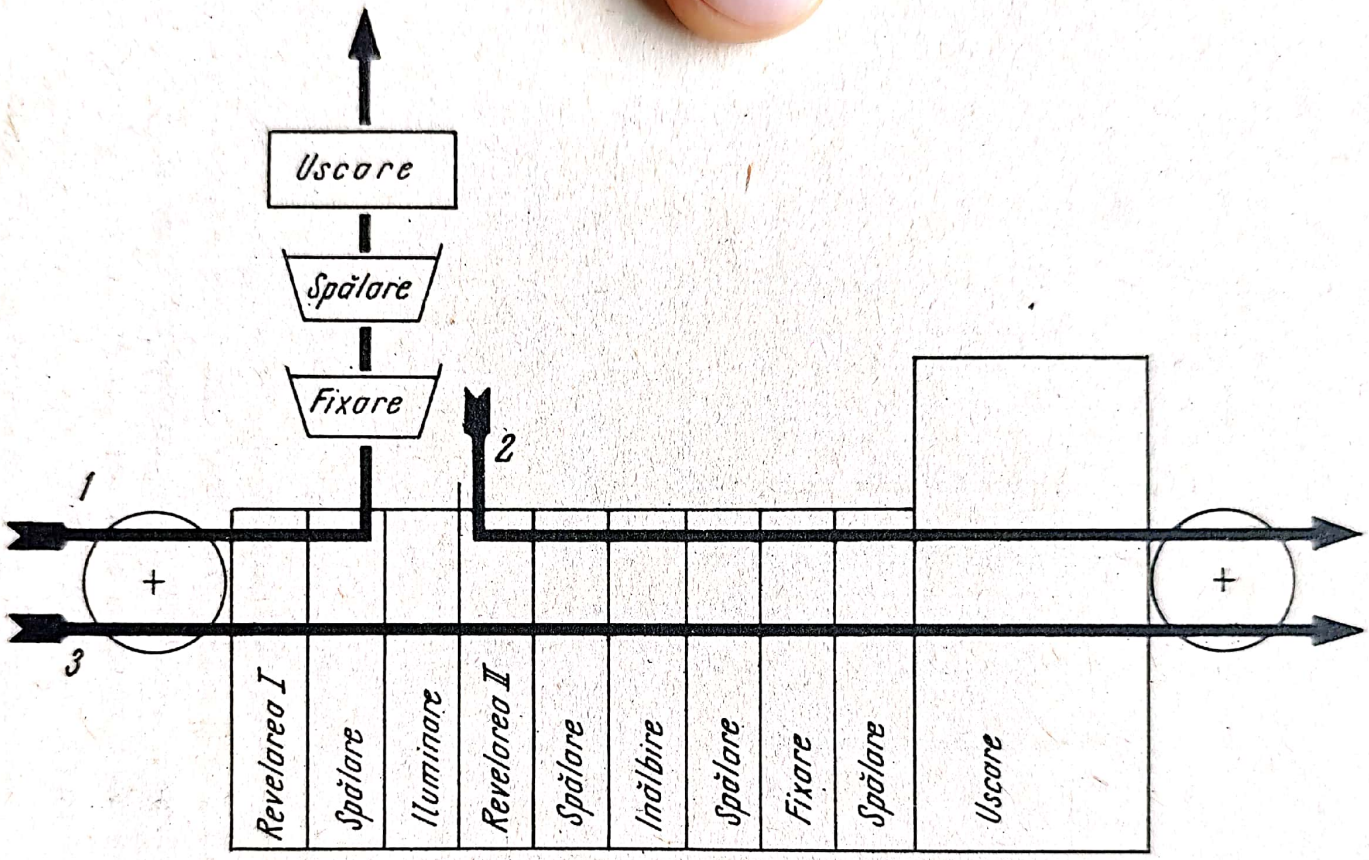



Fig.17o. Schema traseului sensitogramelor pentru controlul procesului reversibil color, separat pe faze și global:
1- controlul revelării I.alb-negru; 2- controlul revelării II color;
3- controlul global.

În caz de nevoie, procesul reversibil atît alb-negru cît şi color poate fi realizat şi în două etape, pe două maşini diferite. Astfel, pe o maşină de developat se realizează reve -

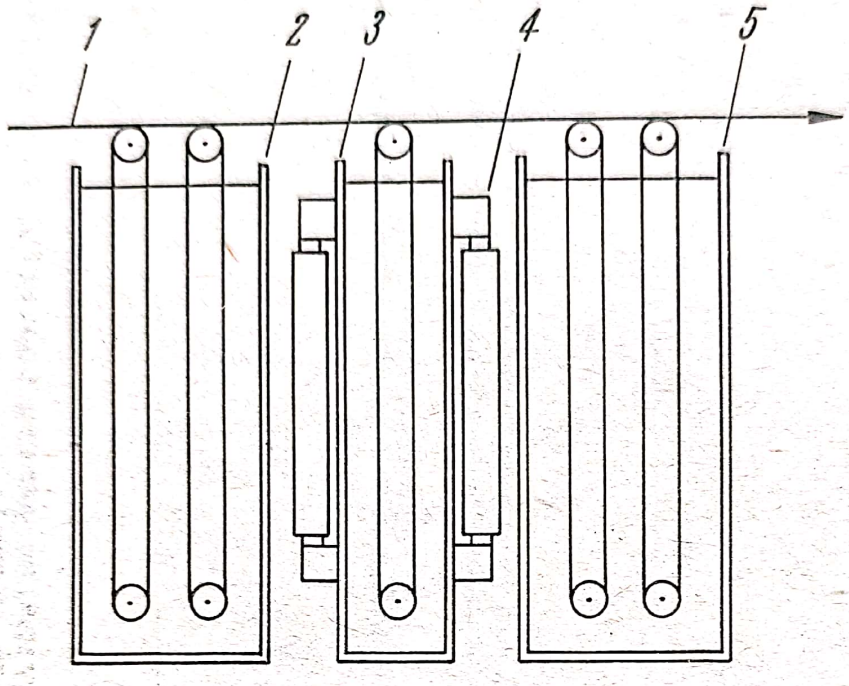



Fig.171. Schema de principiu şi de amplasare a dispozitivului de iluminare:
1- traseul peliculei; 2- cuvă cu apă de spălare; 3- cuvă de iluminare din material transparent, plină cu apă; 4- lămpi pentru iluminare (fluorescentă sau cu incandescenţă);
5- cuvă cu revelator pentru revelare II.

larea I, reversarea, clarificarea şi iluminarea, după care pelicula se spală şi se usucă, urmînd ca pe o a doua maşină să se efectueze revelarea a II-a şi celelalte faze ce-i urmează. În acest fel, procesul reversibil se poate realiza şi atunci cînd nu se dispune de o maşină complexă care să poată cuprinde toate fazele procesului în întregime.

Scanned with OKEN Scanner

### 6. Utilizarea procesului reversibil în televiziune şi în alte scopuri

În cinematografie, procesele reversibile sînt puţin folosite. O oarecare extindere o are procesul reversibil de obţinere a contratipelor color.

În schimb, procesele reversibile sînt larg utilizate în televiziune, pentru actualităţi, în diferite institute de cercetări, precum şi în cinematografia de amatori pe film îngust.

Datorită cerinţelor impuse de televiziune, transmiterea după film a unor evenimente cît mai repede după producerea şi filmarea lor, s-au elaborat şi în prezent se folosesc procedee reversibile rapide şi ultrarapide. Plecînd de la pelicule speciale, aceste procedee realizează o scurtare apreciabilă a duratei totale a procesului de prelucrare pe calea folosirii unor temperaturi ridicate a soluţiilor şi spălărilor(40-50°C), a forţării acţiunii acestora prin jeturi, a folosirii unor concentraţii mult mai mari a componenţilor soluţiilor, a întrebuinţării unor acceleratori puternici (hidroxizi).

De asemenea, spălarea şi uscarea se face forţat la temperaturi înalte.

În aceste condiţii s-a ajuns la unele procese reversibile alb-negru la care durata prelucrării este de 15-25".

## Capitolul XVII

## PRELUCRAREA PELICULEI DE SUNET

### 1. Fonograma transversală şi intensivă

Tehnologia obţinerii fonogramei pentru sonorizarea filmelor are două faze distincte: faza magnetică şi faza optică.

F a z a  m a g n e t i c ă cuprinde operaţiile de înregistrare a sunetelor (dialog, muzică şi zgomote) şi de mixare a acestora într-o singură bandă în sincron cu imaginea filmului, denumit în mod curent m i x a j.

Toate aceste operaţii se execută pe benzi magnetice.

După obţinerea mixajului magnetic, acesta se "transpune" cu ajutorul unui aparat special pe o peliculă fotosensibilă asemănătoare celor folosite pentru imagine.

Prin această transpunere, oscilaţiile electromagnetice furnizate de banda magnetică sînt transformate în oscilaţii de lăţime sau intensitate ale unui flux luminos care impresionează pelicula de sunet, realizînd pe aceasta o modulaţie optică corespunzătoare celei iniţiale electromagnetice.

Cu operaţia de transpunere începe f a z a  o p t i c ă (fotografică) a procesului de sonorizare a filmului.

În urma transpunerii se obţine un "negativ de sunet", care după developare serveşte pentru copierea sunetului pe copiile pozitive, concomitent cu copierea imaginii de pe negativul de imagine.

În figura 172 este dată schema acestui proces. Metoda este generalizată în special pentru filmele de 35 mm (la alte formate, ca: 16 mm, 7o mm etc., se folosesc uneori piste magnetice pentru sunet şi pe copiile pozitive, însă aceste cazuri pot fi considerate deocamdată ca excepţii).

Fonogramele optice, conform principiului aplicat la obţinerea lor, sînt de două feluri: transversale şi intensive.

F o n o g r a m a  t r a n s v e r s a l ă sau cu s u p r a f a ţ ă  v a r i a b i l ă, cum mai este denumită, este formată dintr-o pistă amplasată între fotograme şi perforaţii, ale cărei dimensiuni şi poziţie sînt date în fig.173.

Pe această pistă, densitatea înregistrării rămîne constantă, în timp ce lăţimea ei variază continuu, cu o amplitudine şi frecvenţă mai mare sau mai mică, reprezentînd astfel o modulaţie optică corespunzătoare celei electromagnetice cuprinsă în banda magnetică.

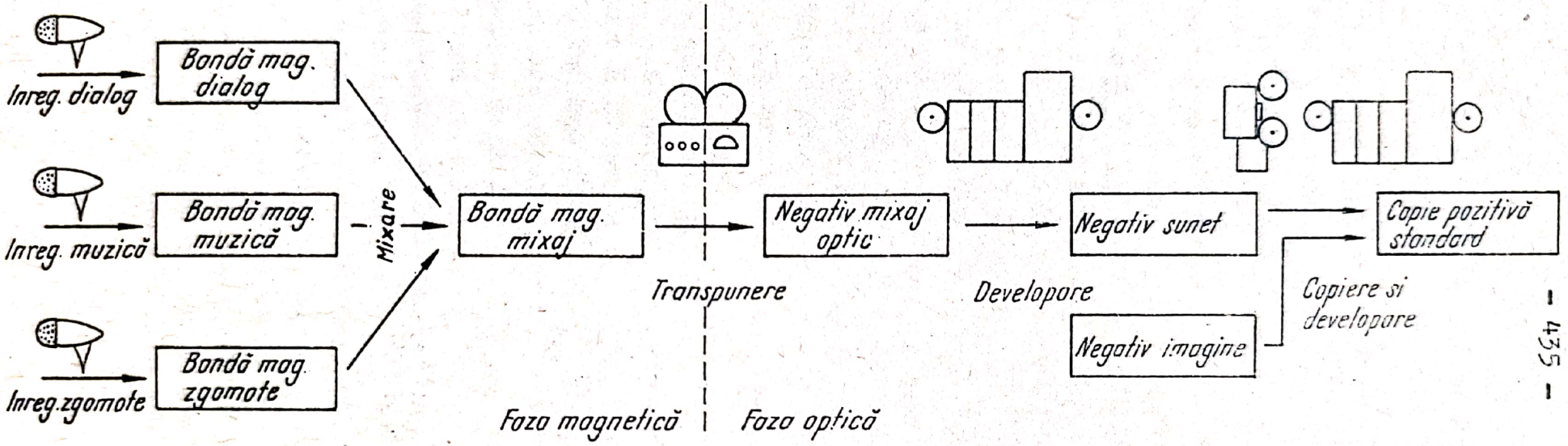



Fig.172. Schema obţinerii fonogramei pentru sonorizarea filmelor.

La redarea sunetului în instalaţia de proiectie, modulaţiile optice de pe fonograma copiei modulează fluxul luminos din capul de citire a sunetului, determinînd astfel apariţia unor variaţii corespunzătoare de tensiune care, după amplificarea necesară, reproduc în difuzor sunetul înregistrat.

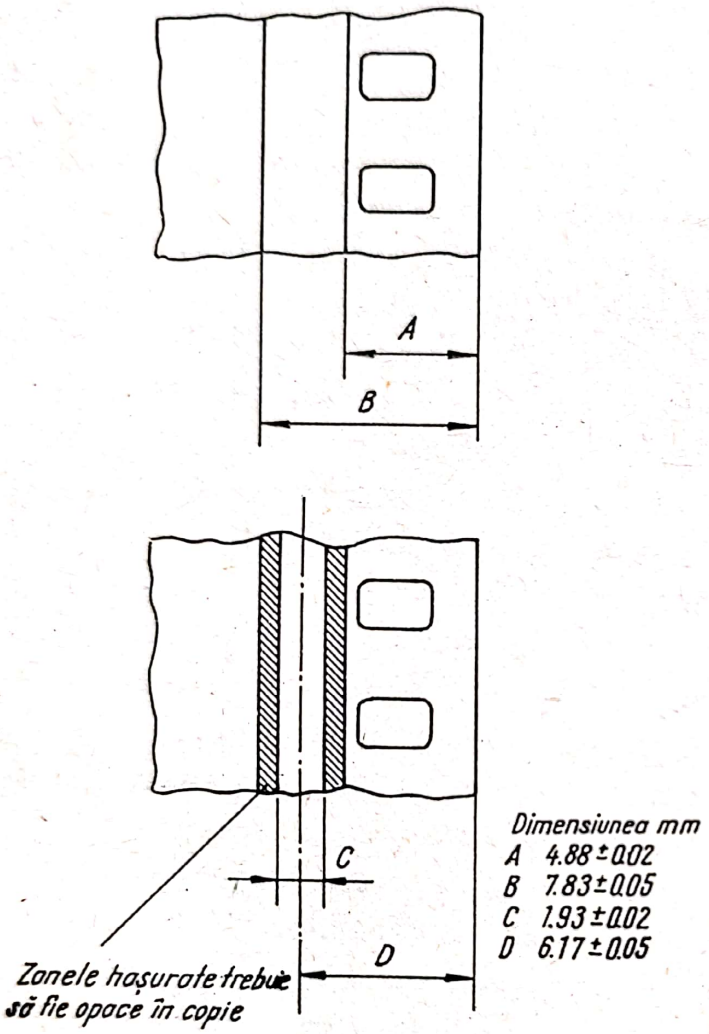



Fig.173. Dimensiunile şi poziţia fonogramei optice la copiile de 35 mm.

F o n o g r a m a i n t e n s i v ă, denumită şi c u d e n s i t a t e v a r i a b i l ă, se prezintă de asemenea sub forma unei piste cu dimensiunile şi poziţia ca şi în cazul fonogramei transversale. Spre deosebire de aceasta, lăţimea rămîne constantă, în timp ce densitatea ei variază continuu mai mult sau mai puţin, cu o frecvenţă mai mare sau mai mică, reprezentînd astfel o modulaţie optică corespunzătoare celei magnetice.

Citirea ei se face în acelaşi mod ca şi în cazul celei transversale.

Felul fonogramei, transversale sau intensive, este determinat de principiul constructiv al aparatului de transpunere a sunetului de pe banda magnetică pe pelicula fotosensibilă.

În figura 174 sînt reprezentate cele două feluri de fonograme.

Dintre aceste două tipuri de fonograme, în majoritatea ţărilor în prezent se întrebuinţează fonograma transversală

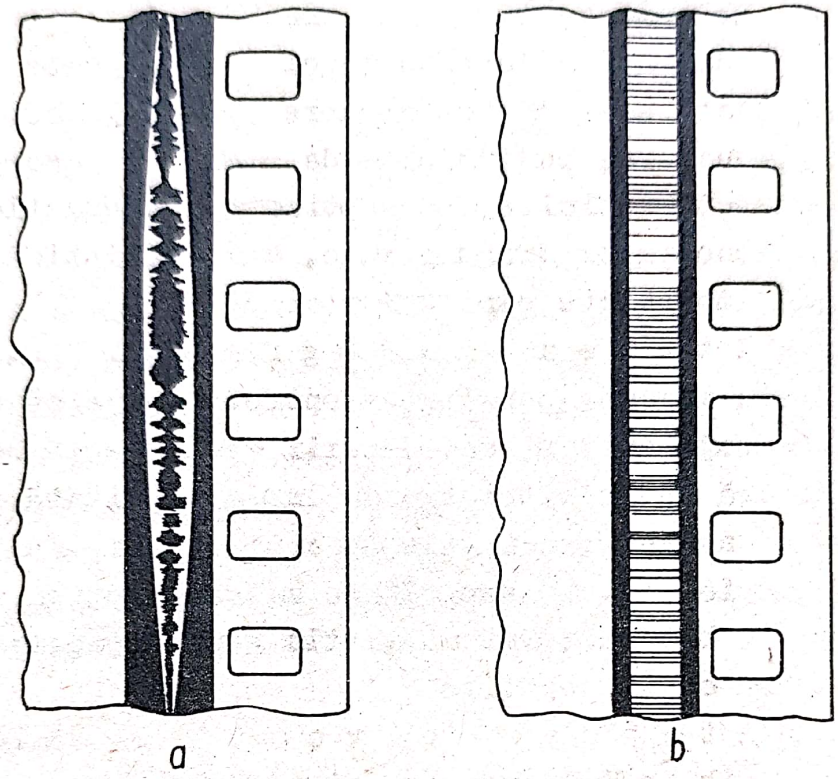



Fig.174. Fonograma transversală şi fonograma intensivă: a- fonograma transversală; b- fonograma intensivă.

(cu suprafaţă variabilă) şi, din această cauză, în cele ce urmează se va trata în special acest tip.

## 2. Caracteristicile fonogramei transversale

În fonograma transversală se disting următoarele elemente:

- poziţia şi dimensiunile;
- amplitudinea şi frecvenţa modulaţiei;
- numărul şi forma rîndurilor de modulaţii;
- caracteristicile foto-optice ale modulaţiei.

Scanned with OKEN Scanner

Dintre aceste elemente, poziţia şi dimensiunile fonogramei, amplitudinea şi frecvenţa modulaţiilor, precum şi numărul şi forma rîndurilor de modulaţii depind direct de camera de transpunere sau de caracteristicile sunetului înregistrat.

Poziţia şi dimensiunile fonogramei sînt riguros standardizate şi controlate atît la transpunere cît şi la copiere.

Pentru prelucrarea peliculelor de sunet, o importanţă deosebită au caracteristicile foto-optice ale modulaţiei.

În cazul fonogramei transversale, caracteristicile foto-optice cele mai importante sînt următoarele:

- D e n s i t a t e a  f o n o g r a m e i  D, înţelegînd prin aceasta densitatea optică argentică obţinută în urma expunerii şi developării ei. Această densitate se măsoară în densitometre cu lumină colimată, reproducîndu-se astfel condiţiile de citire a ei din aparatele de proiecţie. Ea are cîte o valoare optimă, relativ ridicată, bine determinată, atît pentru negativ cît şi pentru copia pozitivă.
- D e n s i t a t e a  d e  v o a l  Do care trebuie să aibă o valoare cît mai scăzută.
- F a c t o r u l  d e  c o n t r a s t $\gamma$ de prelucrare care are de asemenea o valoare ridicată, bine determinată.

În afară de acestea, pentru buna reproducere a frecvenţelor înalte şi a reducerii zgomotului de fond, un rol deosebit mai au: puterea rezolvantă ridicată, granulaţia fină, claritatea de transpunere sau copiere, precum şi acurateţea suprafeţelor fonogramei.

## 3. Caracteristicile sensitometrice ale peliculelor pentru înregistrarea optică a sunetului

Pentru înregistrarea optică a sunetului (obţinerea negativului de sunet pentru transpunere de pe banda magnetică) se

folosesc pelicule fabricate special în acest scop, denumite p e l i c u l e n e g a t i v e d e s u n e t.

Aceste pelicule au caracteristici sensitometrice speciale, care le fac să fie corespunzătoare acestui scop.

Astfel, pentru înregistrări de fonograme de tipul transversal (cu suprafaţă variabilă), peliculele au coeficientul de contrast $\gamma$ foarte ridicat, ajungînd la valori de 3,5-4, densitate de voal Do scăzută la maximum o,1o, puterea rezolvantă ridicată (minimum 1oo linii/mm), iar granulaţia cît mai fină. De asemenea au o bună protecţie împotriva difuziei luminii în stratul de emulsie (antihalo), pentru a permite înregistrarea cît mai clară mai ales a modulaţiilor frecvenţelor înalte.

Sensibilitatea lor la lumină este de 4-5 ori mai mare decît a pozitivelor obişnuite, iar sensibilitatea spectrală are o valoare maximă în zona de 44o-48o m $\mu$ .

În figura 175 sînt date curbele caracteristice ale peliculei negative de sunet ORWO TF-6 obţinute în revelatorul ORWO 22, iar în figura 176 curba sensibilităţii sale spectrale.

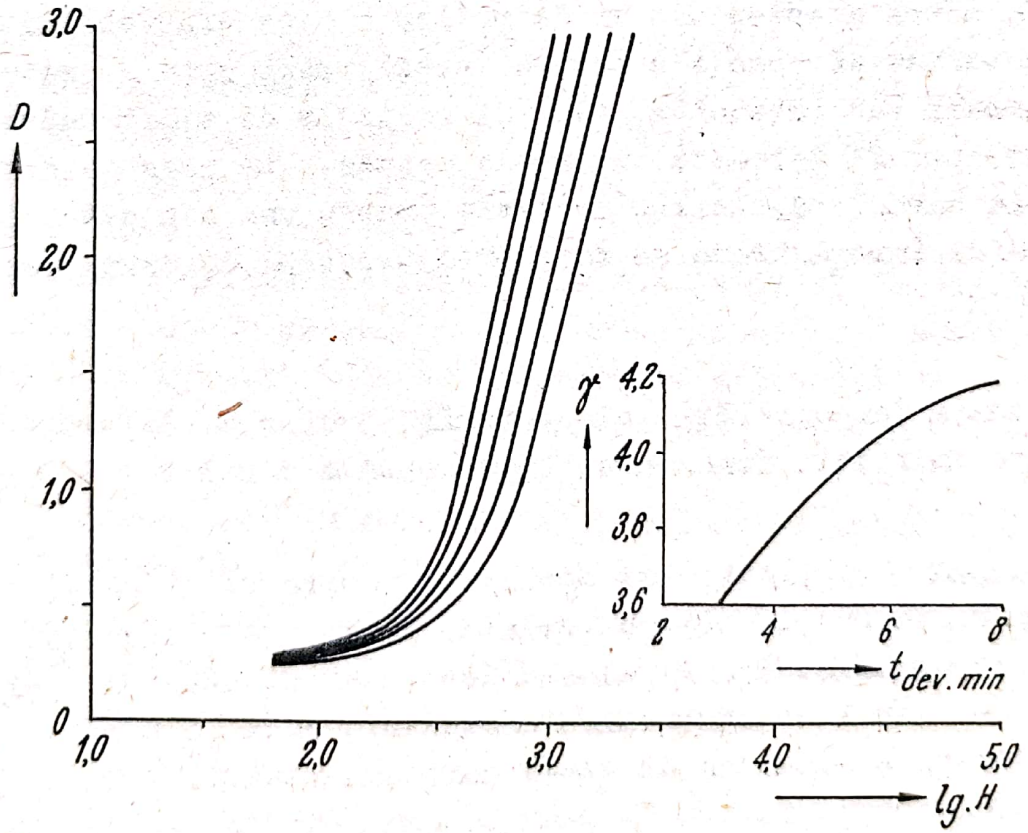



Fig.175. Curbele caracteristice ale peliculei negative de sunet ORWO TF-6.

Pentru înregistrări de fonograme de tipul intensiv (ca densitate variabilă), peliculele au dimpotrivă un coeficient de contrast $\gamma$ relativ coborît, cuprins între o,5 şi o,7.Den-

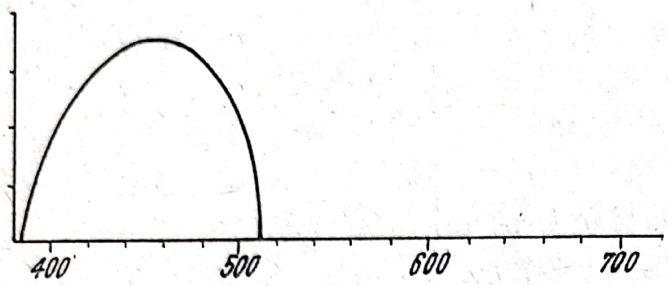



Fig.176. Curba sensibilităţii spectrale a peliculei ORWO TF-6.

sitatea de voal Do este, ca şi în cazul celor destinate fonogramei transversale, foarte scăzută. Puterea rezolvantă este de asemenea ridicată, minimum loo linii/mm, iar granulaţia foarte fină.

O deosebită importanţă are în cazul acestor pelicule latitudinea fotografică, care trebuie să aibă o valoare de cel puţin 1,8.

În afara acestor tipuri de peliculă care din fabricaţie au caracteristici speciale pentru înregistrări prin metoda transversală sau intensivă, sînt şi pelicule de sunet universale care pot fi folosite cu ambele metode. La acestea,diferenţierea caracteristicilor necesare pentru una sau alta din metodele de înregistrare se face prin procesul de developare.

## 4. Influenţa înregistrării şi copierii asupra calităţii fonogramei transversale

In timpul înregistrării optice a fonogramei, o parte din lumina care impresionează pelicula de sunet este difuzată în stratul de emulsie. Acest fenomen determină o expunere şi a zonelor din jurul modulaţiilor fonogramei, ceea ce face ca după developare acestea să apară oarecum dilatate (fig.177).

Această deformare a geometriei modulaţiilor apare cu atît mai însemnată cu cît frecvenţa înregistrată este mai ridicată,deci avînd vîrfurile modulaţiilor mai subţiri şi mai apropiate.

Efectul este cunoscut sub numele de " r e d r e s a r e f o t o g r a f i c ă " a sunetului sau " d o n n e r - e f f e k t " şi se manifestă prin zgomote asemănătoare tunetului, iar în cazul consonantelor siflante, ca: s, ş, t, ţ, prin distorsionarea puternică a acestora şi îngreuiarea înţelegerii dialogului.

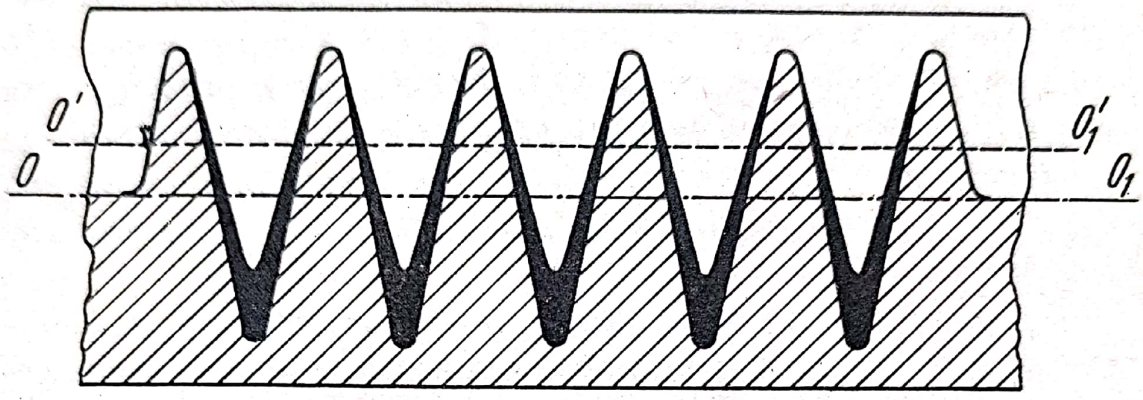



Fig.177. Modificarea formei modulaţiei înregistrate datorită difuziei luminii.

În procesul de copiere a negativului pe pozitiv are loc din nou un fenomen de difuzie şi o redresare fotografică datorită acesteia, de data aceasta însă pe pelicula pozitivă.

Fenomenul este identic cu cel survenit la negativul de sunet, însă în sens invers.

Dacă dilatările imaginilor modulaţiilor în negativ şi pozitiv - opuse ca sens - sînt egale în valoare absolută, ele se anulează, obţinîndu-se compensarea efectului de redresare fotografică, denumită în mod curent şi c o m p e n s a r e a s u n e t u l u i.

Compensarea sunetului are o deosebită importanţă în procesul de realizare a copiei pozitive şi ea se obţine în procesul de copiere a sunetului prin stabilirea acelor condiţii de difuzie a luminii care să dea un efect egal şi de sens opus faţă de cazul înregistrării negativului.

Practic, condiţiile sistemelor lumino-optice de expunere din camera de înregistrare şi maşina de copiat sînt fixate prin construcţie, iar caracteristicile de difuzie a luminii în stra-

turile peliculelor negative şi pozitive nu pot fi influenţate. În acest caz realizarea compensării se face pe calea alegerii la înregistrare şi copiere a unor iluminări, astfel determinate încît efectele difuziilor lor să se compenseze reciproc. În urma developării peliculelor, ca rezultate ale acestor iluminări, apar densităţile optice $D_{neg}$ şi $D_{poz}$. Între valorile acestor densităţi există o strînsă corelaţie şi prin determinarea lor exactă şi simultană pentru fiecare tip de utilaj şi peliculă pe care are loc realizarea fonogramelor optice se realizează compensarea efectului de redresare fotografică.

Un rol important asupra realizării compensării o au şi valorile factorilor de contrast $\gamma_{neg}$ şi $\gamma_{poz}$, la care se developează cele două pelicule.

De aceea, în practică, stabilirea densităţilor de compensare $D_{neg}$ şi $D_{poz}$ (respectiv iluminările necesare obţinerii acestor densităţi) se face considerînd că pozitivul are într-o măsură dată efectul de redresare fotografică şi că factorul său de contrast este determinat de cerinţele imaginii şi nu poate fi subordonat necesităţilor sunetului. În această situaţie, compensarea efectului de redresare fotografică se face pe calea stabilirii în condiţii ce se vor arăta mai departe a valorilor $\gamma_{neg}$, $D_{neg}$ şi $D_{poz}$.

## 5. Metodele de determinare a parametrilor de înregistrare şi copiere

a. <u>Distorisunile neliniare şi măsurarea lor.</u> Efectul redresării fotografice se manifestă în calitatea fonogramei prin creşterea coeficientului de distorsiune neliniară. Prin realizarea compensării, aceste distorsiuni sînt reduse mult, ceea ce face ca realizarea ei să fie o problemă principală în prelucrarea fonogramelor.

La compensarea optimă, distorsiunile neliniare sînt minime.

Măsurarea distorsiunilor neliniare stă la baza procedeului de determinare al compensării, respectiv a parametrilor de înregistrare şi copiere.

Ca metodă de măsurare, cea mai folosită este metoda dublului ton. Metoda constă din înregistrarea pe peliculă a două semnale suprapuse, cu frecvenţe diferite, de exemplu 7 000 şi 7 500 Hz, obţinîndu-se astfel o fonogramă optică negativă a acestor frecvenţe suprapuse.

Aceasta se copiază apoi pe pelicula pozitivă, se developează şi cu ajutorul unui filmfonograf se reproduce. În timpul reproducerii cu ajutorul unui aparat special de determinat distorisunile se stabileşte coeficientul de distorsiuni realizat.

În laboratoarele de prelucrare, pentru asigurarea condiţiilor de realizare permanentă a compensării fonogramelor, este necesar ca procesele de developare a negativelor de sunet şi a copiilor pozitive să fie riguros standardizate şi controlate. Astfel, parametrii $\gamma_{neg}$ $\gamma_{poz}$, şi $D_{poz}$ trebuie menţinuţi constanţi, iar valorile lor se stabilesc în concordanţă cu valorile lor optime recomandate de fabrica producătoare.

O dată stabilite aceste valori, pentru realizarea compensării rămîne de determinat valoarea $D_{neg}$ (respectiv valoarea curentului de înregistrare care după developare va determina obţinerea $D_{neg}$), precum şi valoarea luminii de copiere a negativului pe pozitiv care să determine obţinerea în pozitiv a densităţii standard a fonogramei $D_{poz}$.

b. <u>Determinarea parametrilor de înregistrare</u>. Determinarea parametrilor de înregistrare se face după cum urmează:

- se înregistrează pe pelicula negativă de sunet ce se ia în lucru semnalul de dublu ton, în 7-8 trepte de expunere; de la o treaptă la alta se ridică intensitatea curentului ce trece prin lampa de înregistrare;

- aceste înregistrări de probă se developează apoi în condiţiile standard, la coeficientul de contrast $\gamma_{neg=const.}$ şi se determină densităţile obţinute;

- se execută după ele o copie pozitivă în condiţii standard ( $\gamma_{poz}$ = const şi $D_{poz}$ = const.) şi se măsoară pe aceasta valorile coeficientului de distorsiuni corespunzătoare diferitelor densităţi ale negativelor;

- cu ajutorul acestor valori se construieşte o curbă a variaţiei coeficientului de distorsiuni în funcţie de densitatea negativului şi pe aceasta se determină valoarea densităţii de compensare $D_{neg}$ care corespunde valorii minime a coeficientului de distorsiuni.

Cunoscînd valoarea densităţii de compensare $D_{neg}$, se consideră ca parametru de înregistrare valoarea curentului de înregistrare care a determinat obţinerea acestei valori $D_{neg}$.

În figura 178 este dată schema determinării parametrilor de înregistrare a fonogramei optice.

Curenţilor de înregistrare $I_1$, $I_2$,...,$I_7$ a negativului în condiţiile developării lui la $\gamma$ = const. le corespund densităţile: $D_1$, $D_2$,...,$D_7$.

Prin copierea lor pe pelicula pozitivă şi developarea ei în condiţiile $D_{poz}$ = const. şi $\gamma$ poz = const. se obţin copiile pozitive ale acestora, cu densităţi egale, însă cu compensări diferite. Determinînd coeficientul de distorsiuni pentru aceste pozitive se obţin: dist. % $D_1$; dist. % $D_2$,...,dist.% $D_7$.

Trasînd curba variaţiei coeficientului de distorsiuni funcţie de densitatea negativului, se găseşte valoarea minimă a distorsiunilor care indică parametrii optimi de înregistrare.

În figura 179 este dată o curbă a variaţiei distorsiunilor în funcţie de densitatea negativului. Se observă că distorisunile minime (-36 dB) corespund cu $D_{neg}$ = 2,6.

Considerînd nivelul distorsiunilor satisfăcător -32 dB, rezultă o toleranţă a densităţii de compensare de ± 0,1.

După stabilirea parametrilor de înregistrare se trece la transpunerea negativului de sunet. La sfîrşitul fiecărei bobine se înregistrează cîte o porţiune de dublu ton şi linişte ce vor servi pentru controlul ulterior al nivelului distorsiunilor şi al densităţilor.

Înaintea developării negativului, din porţiunile de linişte se decupează bucăţele care se vor developa în prealabil, de probă, verificîndu-se dacă densităţile obţinute sînt corespunzătoare.

În cazul cînd prin aceste probe se constată unele abateri, se poate corecta timpul de developare pentru obţinerea densităţilor de compensare exacte. Corecţiile aplicate nu trebuie însă să fie prea mari, pentru a nu determina abateri sesizabile factorului $\gamma$ .

c. Determinarea parametrilor de copiere. Determinarea parametrilor de copiere se face după cum urmează:

- pe pelicula pe care urmează să se execute copiile standard se copiază proba de linişte cu diferite lumini de copiere, în vederea stabilirii luminii de copiere pentru a obţine în fonograma pozitivă $D_{poz}$ standard;
- probele se developează în condiţiile $\gamma_{poz}$ = const. ;
- se citesc apoi densităţile obţinute şi se alege acea lumină de copiere care a dat în proba pozitivă valoarea $D_{poz}$ standard, aflîndu-se astfel parametrii de copiere.

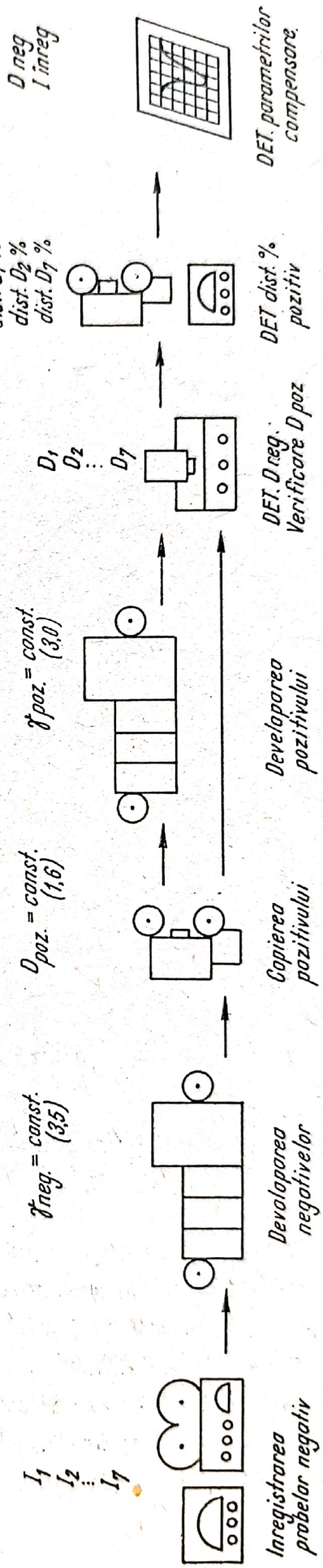



Fig.178. Schema determinării parametrilor de înregistrare ai fonogramei optice.

Uneori este posibil ca $D_{poz}$ standard (densitatea de compensare a pozitivului) să sufere în decursul timpului modifi - cări.

În această situaţie este necesar a se determina din nou densitatea de compensare a pozitivului.

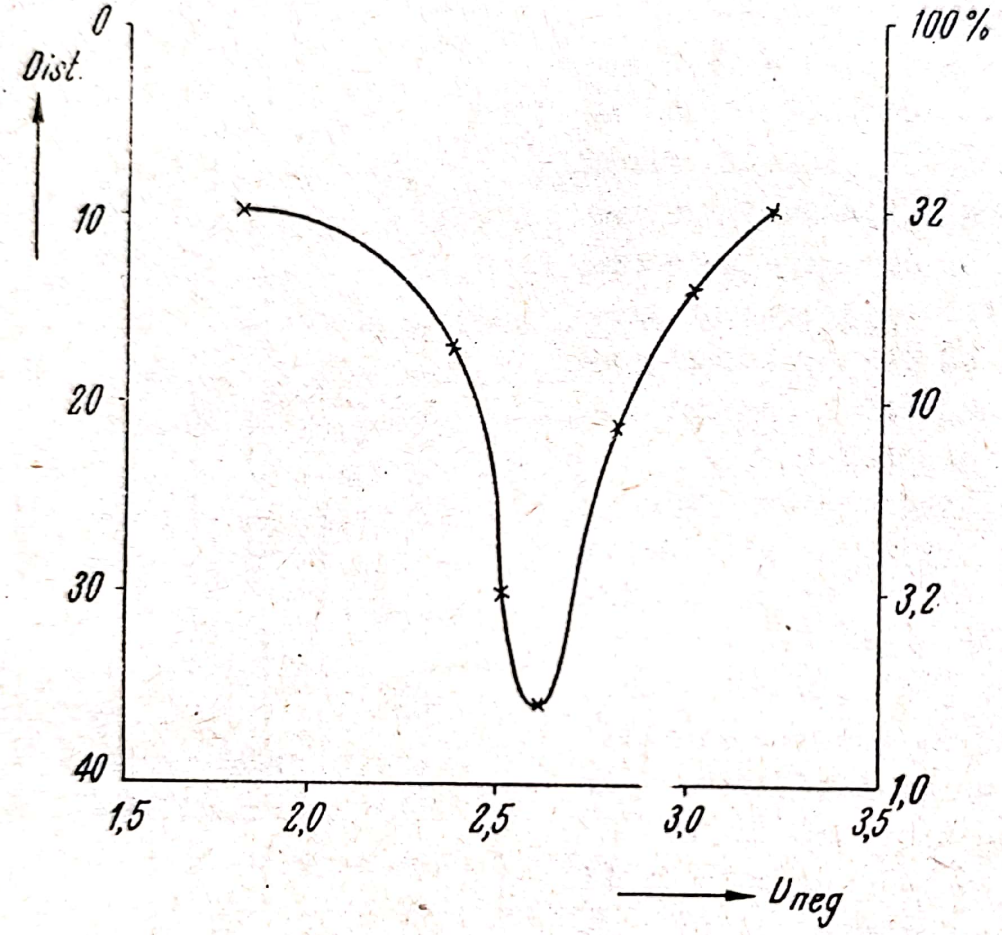



Fig.179. Curba variaţiei coeficientului de distorsiuni în funcţie de densitatea negativului.

Pentru aceasta se procedează analog ca în cazul determinării densităţii de compensare a negativului, însă de data asta după o porţiune de dublu ton a negativului se execută mai multe probe de pozitiv cu diferite densităţi.

Aceste probe se developează la $\gamma_{poz}$ = const, se citesc densităţile obţinute, se măsoară distorsiunile pentru fiecare

densitate şi se trasează o curbă similară celei din cazul determinării densităţii de compensare a negativului, de data asta însă considerîndu-se $D_{neg}$ const. şi $D_{poz}$ variabil. Curba reprezintă variaţia distorsiunilor în funcţie de densitatea pozitivului pentru o densitate dată a negativului. Minimumul de distorsiuni de pe curbă indică pe abscisă valoarea $D_{poz}$ de compensare.

Schema acestei metode este dată în figura 18o.

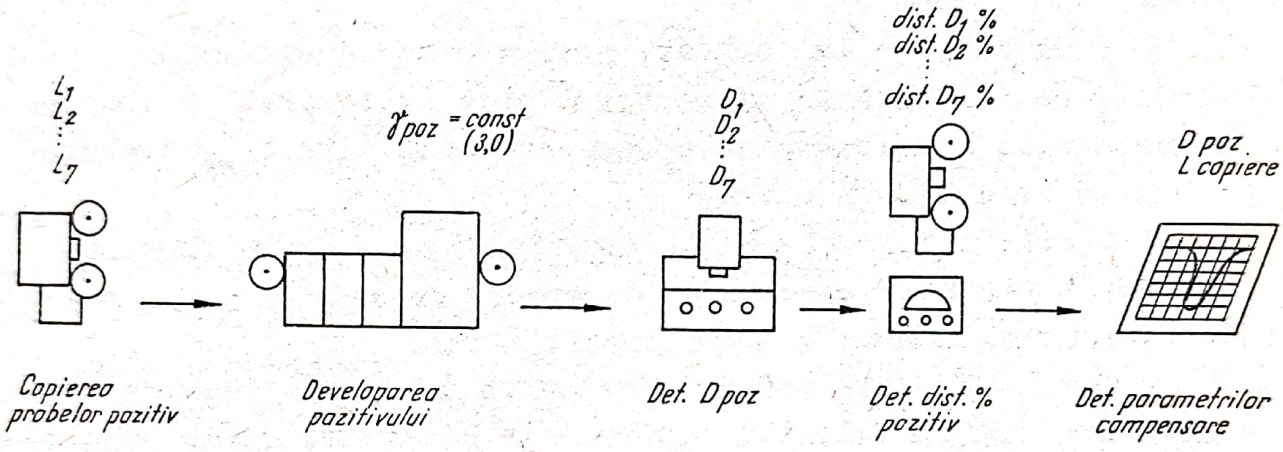



Fig.18o. Schema determinării parametrilor de copiere ai fonogramei optice.

Este necesar a se face probe de stabilire a densităţilor de compensare ori de cîte ori survin modificări în procesele tehnologice de prelucrare a fonogramei optice care efectuează înregistrarea, copierea sau developarea acesteia. De exemplu schimbarea camerei de înregistrare, a maşinii de copiat sau operaţii de reglare şi verificare ale acestora, schimbarea tipurilor de peliculă negativă sau pozitivă, modificarea reţetei revelatorilor, modificarea valorilor standardizate $\gamma_{poz}$ şi $\gamma_{neg}$ etc.

## 6. Influenţa procesului de developare şi determinarea parametrilor optimi de revelare

Procesul de developare a negativelor de sunet este foarte asemănător cu procesul pozitiv alb-negru. De aceea, în multe laboratoare el se execută pe aceeaşi maşină de developat.

Dintre toate fazele procesului, numai revelarea prezintă o importanţă deosebită, întrucît ea determină principala caracteristică a fonogramei, factorul $\gamma$, şi poate influenţa valorile D şi Do.

După cum s-a mai arătat, prelucrarea fonogramelor negative trebuie făcută la un factor $\gamma$ bine determinat şi constant. De asemenea, densitatea de compensare stabilită $D_{neg}$ trebuie obţinută cu multă precizie.

Aceşti parametri pot fi modificaţi de durata timpului de revelare, de temperatură, de gradul de agitaţie al revelatorului, precum şi de compoziţia lui.

Pentru fiecare peliculă negativă de sunet, fabrica producătoare indică valorile optime ale parametrilor de developare $\gamma$ şi $D_{neg}$, pe de o parte, iar pe de altă parte $\gamma$ şi $D_{poz}$ a peliculei pozitive pe care se copiază negativul respectiv. La aceste valori are loc în mod normal compensarea optimă a efectului de redresare fotografică.

Este indicat ca negativele de sunet să fie folosite pe pozitivul corespunzător, pereche, întrucît fabrica producătoare a avut în vedere acest lucru la stabilirea caracteristicilor lor. Parametrii indicaţi mai sus se referă întotdeauna la pelicule negativ-pozitiv perechi.

Astfel, de exemplu, pentru negativul de sunet ORWO TF-6 şi pozitivul ORWO PF-2 aceşti parametri au valorile:

$\gamma$ TF-6 = 3,5 (în revelator ORWO 2o, $t_{dev}$ 3-4')

DTF-6 = 2,6

$\gamma$ PF-2 = 3,o

D PF-2 = 1,6

Aceste valori se stabilesc ţinînd seama de următoarea relaţie:

$$\frac{D_{neg} \cdot \gamma_{poz}}{D_{poz} \cdot \gamma_{neg}} = \text{const.}$$

Valorile date mai sus sînt optime în condiţiile în care au fost determinate în laboratoarele fabricii producătoare.

De la caz la caz, funcţie de condiţiile locale de transpunere, copiere şi developare, pot surveni unele abateri de la aceste valori. Pentru aceasta este necesară determinarea compensării şi în condiţiile în care este utilizată pelicula, operînd corecţiile necesare.

Pentru siguranţă, chiar în cazul cînd în procesul de developare a negativelor de sunet se lucrează cu parametrii $\gamma$ şi Dc standardizaţi şi a căror valoare se menţine constantă, este necesar ca înaintea developării negativului să se verifice obţinerea valorii de compensare $D_{neg}$ stabilite.

Acest lucru se face prin developare în prealabil la $t_{dev}$ stabilit a unor porţiuni de linişte tăiate de la capetele bobinelor unde au fost înregistrate în acest scop. Citind densităţile obţinute, se verifică dacă $t_{dev}$ la care acestea au fost developate este corespunzător sau nu şi, în acest caz, se aplică corecţia necesară asupra valorii $t_{dev}$ la care urmează să se developeze negativul. Aceste corecţii nu trebuie însă să aibă valori apreciabile, pentru a nu modifica simţitor factorul de contrast.

În acest fel se înlătură unele abateri ce ar putea surveni între data stabilirii parametrilor de înregistrare şi data developării negativului datorită variaţiilor procesului de înregistrare sau developare.

7. Controlul maşinilor de copiat

Copierea fonogramei de pe negativul de sunet pe copia pozitivă standard se face în maşina de copiat, concomitent cu copierea imaginii. Aproape toate maşinile de copiat sînt prevăzute şi cu un dispozitiv special pentru copierea fonogramei. În acest dispozitiv, copierea fonogramei se face întotdeauna în mers continuu, indiferent dacă maşina de copiat este de tipul cu mers sacadat sau cu mers continuu în ceea ce priveşte copierea imaginii.

Procesul de copiere a fonogramei are o mare importanţă asupra calităţii sale. Cerinţele cele mai importante sînt: corecta plasare a fonogramei pe copia pozitivă şi stabilitatea ei laterală, constanţa fluxului luminos de copiere, difuzie de lumină cît mai redusă, contactul perfect între cele două pelicule în momentul copierii etc.

Pentru asigurarea unei funcţionări în condiţii bune şi constante este necesar ca acestea să fie periodic controlate.

Controlul traseului de deplasare a peliculelor şi corecta lui funcţionare se face zilnic cu ajutorul unor bucle de peliculă. Controlul stabilităţii şi valorii fluxului luminos se face prin măsurători luxmetrice periodice, iar în timpul copierii, aceasta se face indirect prin citirea pe instrumentele de măsură respective a tensiunii şi intensităţii curentului de alimentare a lămpii de sunet.

În afară de aceasta, pentru asigurarea constanţei parametrilor de compensare a efectului redresării fotografice, este necesar a se controla periodic claritatea de copiere, care este determinată mai ales de gradul de difuzie al luminii de copiere şi de contactul de copiere dintre cele două pelicule.

Controlul acestor elemente este mai dificil, însă el se poate realiza după următorul principiu:

Claritatea de copiere influenţează în mod direct realizarea compensării, iar aceasta la rîndul ei determină nivelul distorsiunilor neliniare ale fonogramei. Deci, măsurînd ni-

velul distorsiunilor unui semnal de dublu ton (realizat pe un negativ compensat pentru maşina de copiat ce se controlează), copiat şi developat la efectuarea controlului în condiţiile $\gamma_{poz}$ şi $D_{poz}$ standard, se poate stabili dacă nivelul lor se menţine la valoarea admisă ca etalon sau nu. Cînd se constată o creştere a lor, înseamnă că maşina de copiat în cauză şi-a înrăutăţit performanţele de copiere. În această situaţie se procedează fie la determinarea unei alte valori $D_{poz}$ pentru care compensarea va avea loc, fie se intervine asupra maşinii, depistîndu-se cauza şi remediind-o. Din cele două posibilităţi, în cazul prelucrării fonogramelor într-un proces standardizat, prima trebuie evitată.

În timpul copierii, datorită diferenţei de contracţie dintre pelicula negativă şi cea pozitivă, poate să aibă loc o alunecare foarte uşoară între ele. În cazul mersului uniform al sistemului de antrenare a lor în timpul copierii sunetului, această alunecare este continuă şi foarte redusă, încît practic nu prezintă importanţă pentru calitatea copierii sunetului (în cadrul unor anumite limite ale diferenţei de contracţii).

În cazul însă, cînd mersul sistemului nu este riguros uniform sau diferenţa de contracţii a celor două pelicule este prea mare, alunecarea se produce prin smucituri ce se succedă la diferite intervale. Acest fapt dă naştere pe fonograma copiată la nişte "noduri" de copiere (zone de ştergere), care la reproducere se manifestă prin distorsiuni apreciabile.

De aceea este necesar ca maşinile de copiat să fie verificate periodic şi din acest punct de vedere, iar contracţiile peliculelor ce se copiază să fie măsurate.

## 8. Particularităţile fonogramei pe peliculele pozitive color

La copiile pozitive color, imaginea este formată numai din coloranţi. Pentru obţinerea acesteia, în procesul de developare a pozitivului color este inclusă şi faza de înălbire,

care are rolul de a trece Ag metalic într-un complex care ulterior va fi eliminat.

Acesta este un lucru necesar pentru imagine, dar pentru fonogramă reprezintă un important inconvenient. Astfel, fonograma pierde Ag metalic, rămînînd şi ea formată numai din coloranţi.

Datorită sensibilităţii spectrale a fotocelulelor folosite la citirea fonogramelor în aparatele de proiecţie, aceasta face ca fonogramele formate numai din coloranţi să ducă la redarea sunetului de o calitate slabă, cu distorsiuni mari, zgomot de fond ridicat şi nivelul semnalelor redus. Obţinerea unei ridicări a nivelului semnalelor pe calea ridicării coeficientului de amplificare nu dă rezultate din cauza creşterii puternice a zgomotului de fond, iar pe calea măririi densităţii de coloranţi se afectează puternic compensarea, crescînd distorsiunile.

Acest efect al fonogramelor color este într-o măsură mai mică resimţit de fotocelulele cu stibiu-cesiu faţă de cele cu cesiu.

Înlăturarea în bună măsură a acestui neajuns se remediază în procesul de prelucrare a copiilor pozitive color pe calea unui tratament special aplicat fonogramei. Procedeul, denumit şi r e d e v e l o p a r e a f o n o g r a m e i c o l o r, se va descrie ulterior. În urma acestui tratament, în fonograma color rămîne suficient Ag metalic pentru a da fonogramei o calitate satisfăcătoare.

O altă particularitate a fonogramei color este şi aceea că pelicula pozitivă color avînd trei straturi suprapuse, şi fonograma se va forma în toate aceste trei straturi avînd loc o difuzie de lumină mult mai mare decît în cazul fonogramei alb-negru. Astfel, claritatea de copiere se înrăutăţeşte mult, fenomenul de redresare fotografică devenind foarte puternic.

Acest inconvenient se remediază prin plasarea fonogramei numai în primul strat de la suprafaţa peliculei. Acest lucru se obţine uşor prin folosirea la copiere în calea fluxu-

lui luminos a unui filtru de lumină cu absorbţia spectrală, astfel aleasă încît să permită trecerea numai a zonei albastre din spectru, ceea ce duce la impresionarea selectivă numai a primului strat al peliculei pozitive color (el fiind sensibil în această zonă). Astfel, fonograma obţinută are o culoare galbenă-roşie.

In cazul peliculelor pozitive color cu straturi inversate se alege filtrul corespunzător care să permită impresionarea numai a stratului de la suprafaţă. În acest caz,culoarea fonogramei va fi dată de acest strat.

## 9. Prelucrarea separată a fonogramei color

Prelucrarea separată a fonogramei color se face în scopul menţinerii Ag metalic, alături de coloranţi în fonograma color. Ea se realizează în cadrul procesului de developare într-o fază specială denumită şi r e d e v e l o p a r e a f o n o g r a m e i.

Această redevelopare constă în revelarea din nou numai a pistei sonore după faza de înălbire şi înainte de faza de fixare.

Pentru aceasta, după înălbire şi spălare pelicula este trecută prin faţa unui absorbitor de picături, care înlătură apa de pe suprafeţe, după care este trecută în dispozitivul propriu-zis de redevelopare, în care există un disc ce se roteşte cu partea inferioară într-o cuvetă ce conţine revelatorul pentru redevelopare. Discul antrenează astfel o cantitate bine determinată de revelator, pe care o depune pe emulsia peliculei în dreptul fonogramei, discul avînd lăţimea ei.

Discul este antrenat în sens invers de sensul deplasării peliculei.

În continuare,pelicula cu revelatorul depus pe fonogramă trece printr-o cuvă goală timp de 15-30 s,care reprezintă timpul de redevelopare. După aceasta, cu un jet de apă se

înlătură revelatorul spre marginea peliculei, apoi se supune unei spălări, după care se trece mai departe în faza de fixare, continuînd traseul mașinii de developat.

În figura 181 este dată schema procesului de redevelopare a fonogramei color, iar în figura 182, schema dispozitivului de redevelopare.

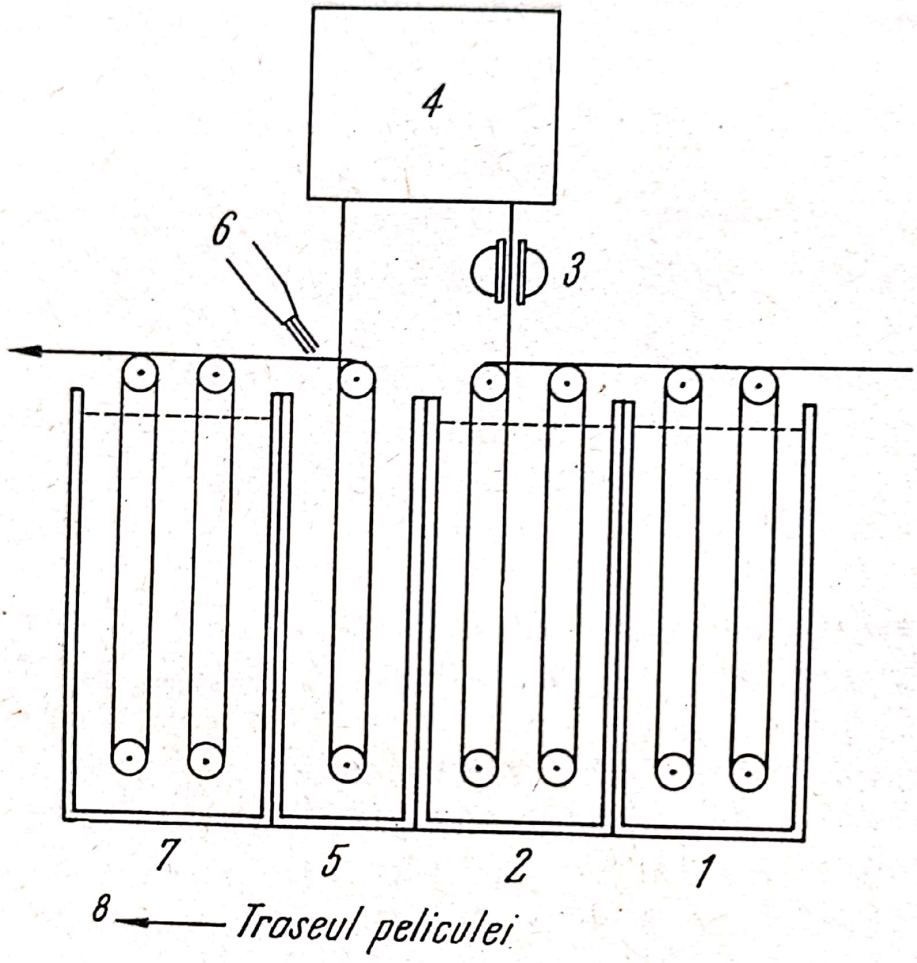



Fig.181. Schema procesului de redevelopare a fonogramei color: 1- înălbire; 2- spălare; 3- absorbitor de picături; 4- dispozitivul de aplicare a revelatorului; 5- cuvă goală pentru revelare în aer; 6- jet de apă pentru spălare; 7- fixare; 8- traseul peliculei.

În procesul de redevelopare, o mare importanță are uniformitatea întinderii revelatorului pe pista sonoră. Aceasta se reglează acționînd asupra distanței dintre discul de depu-

nere al revelatorului şi peliculă, între care se formează un menisc de lichid. Acesta are rolul unui contact elastic între disc şi peliculă, preluînd toate şocurile şi neuniformităţile de deplasare (trepidaţiile) a peliculei (fig.183).

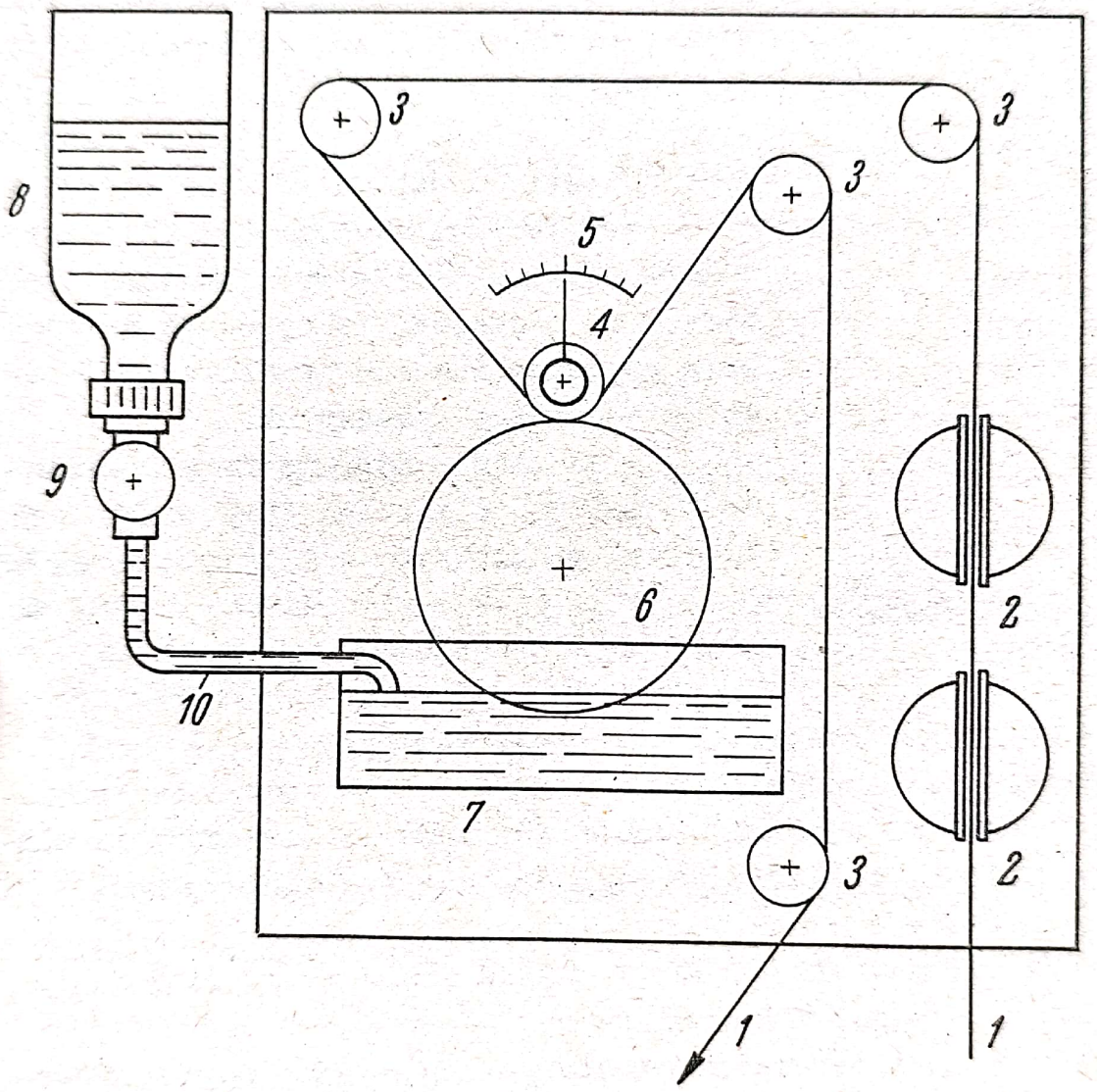



Fig.182. Schema dispozitivului de depunere a revelatorului pe fonograma color în procesul redevelopării ei: 1- traseul peliculei; 2- absorbitori de picături; 3- role libere de ghidaj; 4- rola de depunere cu ax excentric, buton de reglaj şi indicator; 5- scala pentru reglajul meniscului de depunere; 6- disc de depunere a revelatorului; 7- cuveta cu revelator; 8- rezervor cu revelator pentru alimentarea cuvetei; 9- robinet; 10- ţeavă de aducţiune şi stabilirea nivelului constant.

Păstrarea corectă a înălţimii acestui menisc este deosebit de importantă pentru uniformitatea depunerii revelatorului. În cazul cînd înălţimea lui este prea mică, discul freacă emulsia peliculei, iar revelatorul este împrăştiat de o parte şi de alta a fonogramei; în cazul cînd înălţimea lui este prea mare, lăţimea depunerii se îngustează, iar la o vibraţie mai puternică se poate întrerupe, provocînd discontinuităţi în depunerea revelatorului.

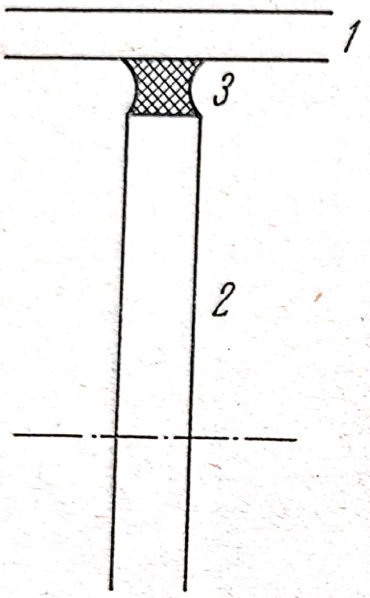


Fig.183. Meniscul de depunere a revelatorului pentru redevelopare.

Revelatorul folosit pentru redevelopare este un revelator alb-negru puternic cu o compoziţie specială. El trebuie să îndeplinească următoarele condiţii specifice procesului.

- să aibă o acţiune foarte puternică, pentru ca într-un timp scurt să reveleze o cantitate suficientă de Ag Br,
- să aibă o viscozitate destul de mare, bine determinată, pentru a nu se împrăştia pe suprafaţa peliculei:
- să aibă o stabilitate satisfăcătoare.

Pentru realizarea acestor cerinţe, revelatorii de redevelopare trebuie să conţină o cantitate mare de substanţă revelatoare puternică, o cantitate mare de alcali acceleratori, şi de substanţe conservante.

Determinarea viscozităţii optime are o importanţă însemnată pentru întinderea lui uniformă.

Reţeta unui revelator clasic pentru redeveloparea sunetului color este următoarea:

- hexametafosfat de Na şi K (M19) 2 g/ℓ
- $Na_2SO_3$ 100 g/ℓ
- KOH 60 g/ℓ
- hidrochinonă 30 g/ℓ
- cellin S (carboximetilceluloză) 60...80 g/ℓ

În procesul redevelopării are loc reducerea în Ag metalic a unei părţi din AgBr din fonogramă care a fost regenetă în procesul de înălbire. Prin aceasta se reuşeşte a se da fonogramei color o densitate argentică suficientă pentru obţinerea unei bune reproduceri a sunetului conţinut.

Pentru peliculele pozitive color PC-5 şi PC-7, Fabrica ORWO recomandă următoarele densităţi argentice pentru condiţiile unei compensări satisfăcătoare cu pelicula negativă TF-6 la $\gamma$ =3,5 şi D = 2,6:

PC-5 la $\gamma$ = 2,1; $D_{Ag}$ = 1,o ;
PC-7 la $\gamma$ = 3,o; $D_{Ag}$ = 1,1.

## lo. Caracteristica, înregistrarea şi prelucrarea fonogramei intensive

La fonograma transversală, înregistrarea modulaţiei sunetului se realizează prin variaţia lăţimii fonogramei, deci a suprafeţei ei în timpul deplasării peliculei. Densitatea rămîne tot timpul constantă.

Spre deosebire de aceasta, la fonograma intensivă înregistrarea modulaţiei sunetului se realizează prin variaţia densităţii ei în timpul deplasării peliculei, suprafaţa rămînînd constantă.

La fonograma intensivă, parametrii fotografici influenţează mult mai mult calitatea acesteia decît în cazul celei transversale. Astfel, factorul de contrast $\gamma$ are rolul principal şi, spre deosebire de cazul fonogramei transversale, el are în acest caz o valoare foarte redusă. De asemenea, densităţile Do şi $D_{max}$ precum şi latitudinea fotografică L au o mare importanţă.

Pentru aceşti parametri se folosesc în general următoarele valori:

$$\gamma = 0{,}5 - 0{,}6;\ Do < 0{,}06;\ D_{max} = 0{,}4 - 0{,}5;\ L > 1{,}8.$$

În procesele de prelucrare, menţinerea acestor parametri în limitele unor toleranţe foarte înguste pe care le reclamă acest procedeu este destul de dificilă.

Înregistrarea fonogramei intensive se face în camere de înregistrare speciale care folosesc fie varierea fluxului luminos, fie înălţimea fantei cu care se face expunerea, spre deosebire de cazul fonogramei transversale, unde se variază lăţimea fantei de expunere.

Copierea fonogramei intensive se face pe maşinile de copiat obişnuite, fără a avea particularităţi importante.

În ceea ce priveşte developarea, aceasta se face în condiţii speciale, cu revelatori lenţi, egalizatori, care să permită operaţiunea unui factor de contrast redus, o densitate de voal foarte mică şi o latitudine fotografică de expunere cît mai mare.

Scanned with OKEN Scanner

Din cauza acestor cerinţe mai greu de realizat, acest timp de fonogramă cu toate avantajele ei calitative în ceea ce priveşte condiţiile de redare nu s-a răspîndit, fiind rar folosită.

## Capitolul XVIII

## MONTAREA NEGATIVELOR ŞI EXECUTAREA LUCRĂRILOR SPECIALE

### 1. Alegerea negativelor pentru montaj

Operaţia de montare a negativului de imagine a unui film constă în alegerea dintre negativele filmate şi clasate a acelor porţiuni care corespund cu cele ce au fost folosite la realizarea copiei de lucru montate şi în lipirea lor cap la cap.

Astfel, bobina de negativ montată trebuie să corespundă întru totul, ca numere de cadre şi duble, ca lungimi ale lor, precum şi ca succesiune a acestora, cu copia de lucru montată.

Pe aceasta sînt însemnate elementele de bază necesare montării negativului, ca: semnul de încărcare în sincron cu sunetul, cadrele intrate în montajul filmului, numerotate în ordinea succesiunii lor în bobină, numerele lor de clachetă (cadru şi dublu filmat) înscrise cu tuş pe marginea de sunet a peliculei, delimitarea exactă a începutului şi sfîrşitului lor prin numerele de perforaţii (picioare) copiate de pe negativ pe marginea copiei pozitive, locurile unde se intercalează lucrări speciale (fonduuri,supraimpresiuni, generice etc.) şi lungimea lor etc.

Înainte de începerea montajului se examinează cadru cu cadru copia de lucru şi se întocmeşte caietul de montaj a negativului, în care se înscriu, pe bobine, toate cadrele montate în copia pozitivă, numerotîndu-se în ordinea succesiunii lor, iar în dreptul fiecăruia se scriu toate datele arătate mai sus.

Aceste date se completează şi cu cele conţinute în registrul de clasare a negativelor, astfel încît identificarea celor necesare şi alegerea lor din totalitatea negativelor clasate să se poată face cu uşurinţă.

După aceasta se trece la alegerea lor. Această operaţie constă în identificarea şi scoaterea negativelor necesare din cutiile în care au fost păstrate şi însemnarea pe etichetele care le însoţesc a numărului de ordine corespunzător din copia pozitivă şi a numerelor de perforaţii între care se vor monta.

## 2. Controlul negativelor alese

Negativele unui film sînt materiale în unicat şi de aceea orice operaţie efectuată asupra lor trebuie să fie făcută cu deosebită atenţie pentru a nu le deteriora. Tăierea şi montarea greşită a unui cadru de negativ afectează ireparabil calitatea lui.

Totodată, într-o bobină de negativ se montează un număr foarte mare de cadre cu numere de identificare multiple, ca:

numărul cadrului filmat, numărul dublului ales, numerele de picioare între care este cuprinsă porţiunea ce se montează,numărul de ordine din bobină etc.

Din această cauză, după identificarea şi alegerea negativelor ce urmează să se monteze, acestea se supun unui control riguros, pentru a verifica corespondenţa lor cu datele din caietul de montaj.

Se controlează numerele de pe clachetă (numărul cadrului şi al dublului), cît şi numerele de perforaţii.

Totodată se verifică după registrul de clasare dacă asupra calităţii, în totalitate sau pe unele porţiuni, nu sînt observaţii făcute de controlul tehnic cu privire la unele defecţiuni ce pot fi remediate (zgîrieturi de exemplu); în acest caz, remedierile trebuie executate înaintea începerii montajului.

### 3. Montarea negativului- imagine după pozitivul montat

După cum s-a mai arătat negativul montat trebuie să corespundă întru totul copiei de lucru montate.

De aceea, toate operaţiile de montare a negativului se execută l a c a d r a j. Aceasta înseamnă că fiecărei fotograme din copia pozitivă trebuie să-i corespundă fotograma respectivă în negativul montat; acest lucru implică de asemenea şi corespondenţa perforaţiilor.

Pentru aceasta, la montarea negativelor se foloseşte o masă de montaj specială, denumită şi s i n c r o n i z e u z ă (fig.184) cu două benzi.

Aceasta este compusă dintr-un sistem de derulare vertical , cu două trasee paralele, unul pentru copia pozitivă,iar altul pentru negativul ce se montează, şi un sistem de sincronizare montat între bobinele debitoare din stînga şi cele receptoare din dreapta, la mijlocul mesei.

Sistemul de sincronizare este compus dintr-un tambur dinţat dublu, fiecare din cele două pelicule înfăşurînd cu perforaţiile cîte o pereche de dinţi.

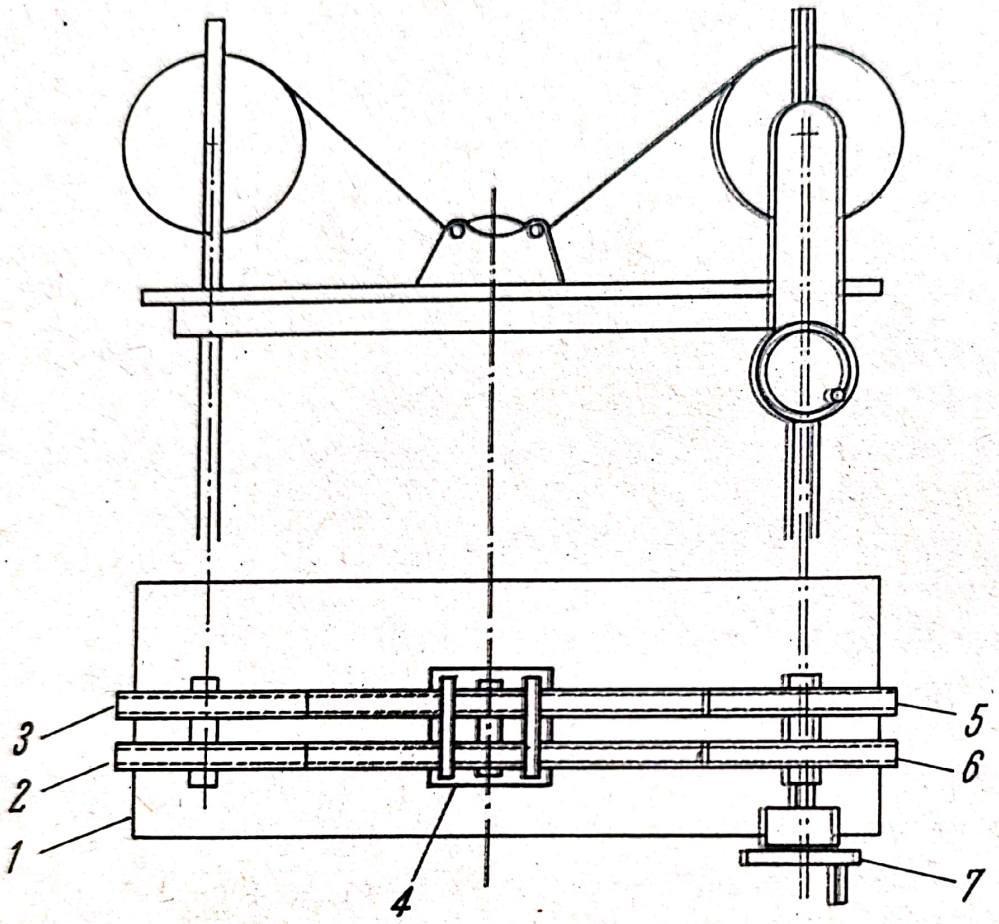



Fig.184. Masa de sincronizare - principiu: 1-blatul mesei; 2- rola debitoare negativ; 3-rola debitoare pozitiv; 4- blocul sincron; 5- rola receptoare pozitiv; 6- rola receptoare negativ; 7- mecanism de antrenare.

Presarea peliculelor pe acest tambur este asigurată de nişte role presoare, care calcă pe marginile exterioare perforaţiilor peliculelor (fig.185).

Cu acest sistem, deplasarea celor două pelicule se face concomitent şi absolut sincron, perforaţie la perforaţie.

Executarea operaţiei de montare a negativului se face astfel:

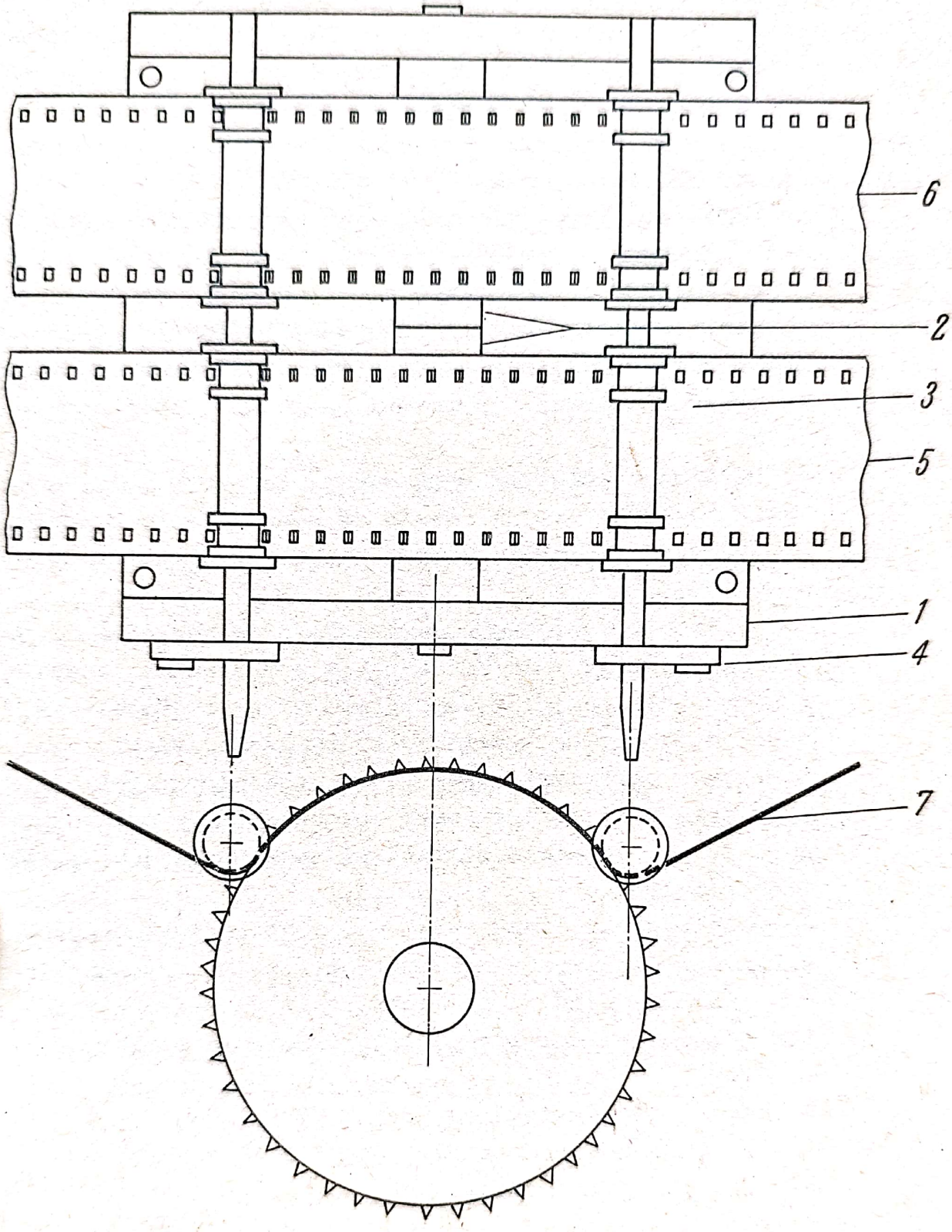



Fig.185. Blocul sincron: 1- şasiu; 2- tambure dinţate fixate sincron; 3- role presoare; 4- zăvoare de fixare role presoare; 5- negativ; 6- pozitiv; 7- traseul peliculei.

Scanned with OKEN Scanner

- Se încarcă în sincronizeuză pe linia a doua copia de lucru montată, iar pe rola receptoare a liniei întîi (dinspre operator) se bobinează circa 2o m peliculă de protecţie cadrată (peliculă de sunet developată care are pe marginea perforaţiilor cîte un semn despărţitor de fotograme).
- Se derulează copia pozitivă pînă la apariţia în blocul sincron a semnului de start, executîndu-se acest semn (cadrat) şi pe pelicula de protecţie la care se va monta negativul, după care se derulează în continuare ambele pelicule pînă ce în blocul sincron apare prima fotogramă a primului cadru din copia pozitivă.
- Pe porţiunea derulată după semnul de start pentru negativ se scriu cu tuş datele de identificare a bobinei (titlul filmului, numărul actului, negativ, imagine etc.).
- Se ia apoi primul cadru de negativ, se verifică identitatea datelor sale cu cele ale pozitivului, comparîndu-se şi imaginile, se determină exact fotograma cu care începe porţiunea ce trebuie montată şi se taie apoi negativul, lăsîndu-se două perforaţii în plus prin care se agrafează cu pelicula de protecţie pe care s-a însemnat startul şi s-au scris datele de identificare.
- Se derulează în continuare cele două pelicule care se deplasează în paralel datorită trecerii lor prin blocul sincron, pînă ce în copia pozitivă apare ultima fotogramă a planului respectiv (lipitura cu planul următor).
- Se taie la fotogramă negativul, lăsînd două perforaţii în plus pentru agrafare, după care se procedează similar şi pentru planul ce urmează.
- Pe măsură ce se derulează planurile, se agrafează unul după altul prin cele două perforaţii lăsate în plus în acest scop, atît la începutul, cît şi la sfîrşitul fiecăruia, continuînd astfel pînă la terminarea bobinei respective.

Scanned with OKEN Scanner

În acest fel se asigură înşiruirea prin agrafare într-o singură bobină a negativilor tuturor planurilor conţinute în copia pozitivă, în ordinea şi cu lungimea exactă după cum sînt în copie. Paralelismul se asigură "la perforaţie".

În cazul cînd pe parcurs în copia pozitivă sînt lăsate locuri pentru diferite lucrări speciale (fonduuri, supraimpresiuni, generice etc.), care nu sînt încă gata pentru a fi montate, în locul lor se vor monta blancuri (peliculă fără imagine), respectîndu-se lungimea şi cadrajul.

La sfîrşitul bobinei de negativ montat se înfăşoară de asemenea o coadă de protecţie.

## 4. Executarea şi controlul lipiturilor

După terminarea montării negativului se trece la executarea lipiturilor în locurile în care s-au făcut agrafările pentru legarea planurilor între ele.

Pentru această operaţie se foloseşte maşina de lipit, care este un dispozitiv ce permite tăierea exactă a capetelor peliculelor ce urmează a fi lipite, suprapunerea celor două capete în intervalul dintre două perforaţii şi apoi presarea lor pentru lipire. Maşina are un sistem de ghidaj şi ştifturi în care se fixează perforaţiile celor două pelicule ce urmează a fi lipite, în aşa fel încît după lipire cadrajul şi pasul perforaţiei peste lipitură să nu se schimbe.

Pentru executarea unei lipituri se fixează în maşina de lipit capetele celor două planuri între care urmează a se face lipitura, urmărindu-se respectarea cadrajului (la perforaţie), după care se taie capetele la care s-au lăsat cîte două perforaţii în plus pentru agrafare. Se răzuieşte după aceea cu un cuţit stratul de emulsie de pe pelicula din stînga, se aplică cu o pensulă soluţia de lipit, se presează una peste alta cele două pelicule şi se lasă să treacă cîtva timp pentru lipire şi uscare, după care lipitura este gata.

Pentru obţinerea de lipituri de bună calitate este necesar ca răzuirea emulsiei să fie uniformă, soluţia de lipit să fie întinsă uniform şi în cantitate corespunzătoare, timpul de uscare să fie de minimum 30 s, iar maşina de lipit să fie în perfectă stare.

Pentru lipirea peliculelor cu suport neinflamabil, soluţia de lipit are în general următorii componenţi: acetonă, acid acetic şi o oarecare cantitate de suport de peliculă de pe care s-a îndepărtat emulsia.

Calitatea lipiturilor are o mare importanţă pentru copierea ulterioară a negativelor. De aceea, ele trebuie să îndeplinească următoarele cerinţe:

- să respecte cadrajul "la perforaţie";
- să nu modifice distanţa dintre perforaţii;
- să fie rezistente şi curate.

Pentru aceasta după executarea lor ele se supun unui control. Acesta se face examinînd vizual fiecare lipitură şi analizînd-o sub aspectele arătate mai sus. Distanţa dintre perforaţii (contracţia) pe locul lipiturii se determină cu o riglă specială, măsurînd pasul perforaţiilor pe o porţiune înainte de lipitură, pe o alta după lipitură şi pe una incluzînd lipitura.

Diferenţele de pas găsite între aceste măsurători trebuie să fie neglijabile, întrucît în caz contrar fie că lipitura poate fi agăţată şi sfîşiată în timpul copierii, fie că în copie imaginea "sare" la schimbarea de plan. Toleranţa admisă a valorii contracţiei este de $\pm$ 0,1 %.

## 5. Realizarea bobiniţelor de etalonaj

Bobiniţele de etalonaj sînt formate dintr-o înşiruire a unor porţiuni de cîte opt fotograme din fiecare din planurile montate în negativ, în ordinea montării acestora, fiind numerotate cu aceleaşi numere de ordine. Ele reprezintă la scară redusă negativul montat şi servesc pentru efectuarea tuturor

probelor de etalonare pentru alinierea ca densitate şi culoare a planurilor negativului. Cu ajutorul lor se stabilesc corecţiile de lumină de copiere şi filtre colorate (în cazul negativelor color) necesare de la plan la plan.

Bobiniţele de etalonaj se execută în paralel cu operaţia de montare a negativului. Pentru aceasta, după ce se taie porţiunea necesară de negativ din fiecare plan, din bucăţile rămase neutilizate se decupează încă opt fotograme. Acestea pot fi luate fie din bucata rămasă la începutul planului, fie din cea de la sfîrşit, avînd grijă însă ca imaginea conţinută să fie reprezentativă pentru planul respectiv.

Bucăţelele astfel extrase se notează cu numărul de ordine al planului din care au fost luate, după care se lipesc în ordinea acestor numere, pe acte, şi se predau secţiei de etalonare.

## 6. Montarea negativului de sunet

Montarea negativului de sunet constă în stabilirea şi marcarea stratului de început necesar pentru asigurarea sincronismului dintre imagine şi sunet şi montarea înregistrării de donner la sfîrşit.

Pentru stabilirea locului startului de început se derulează negativul de sunet pînă ce se observă pe coloana sonoră modulaţiile semnalului înregistrat special în acest scop la transpunerea sunetului.

Acest semnal se întinde pe lungimea unei fotograme şi, în dreptul lui, în locul imaginii corespunzătoare, se desenează semnul de start (fig.186).

După aceea, derulînd în continuare negativul pe porţiunea de la start şi pînă la începerea modulaţiilor înregistrării, se înscriu pe locul imaginii datele necesare de identificare: titlul filmului, numărul actului, negativ sunet etc.

Se derulează apoi negativul pînă la sfîrşit, unde se întîlneşte din nou modulaţia unui semnal convenţional, care mar-

cheazã sfîrşitul înregistrării, după care la un oarecare interval apar modulaţiile semnalului de dublu ton. Porţiunea dintre semnalul de sfîrşit şi începutul semnalului de dublu ton se înlătură, ace sta lipindu-se imediat după semnalul de sfîrşit.

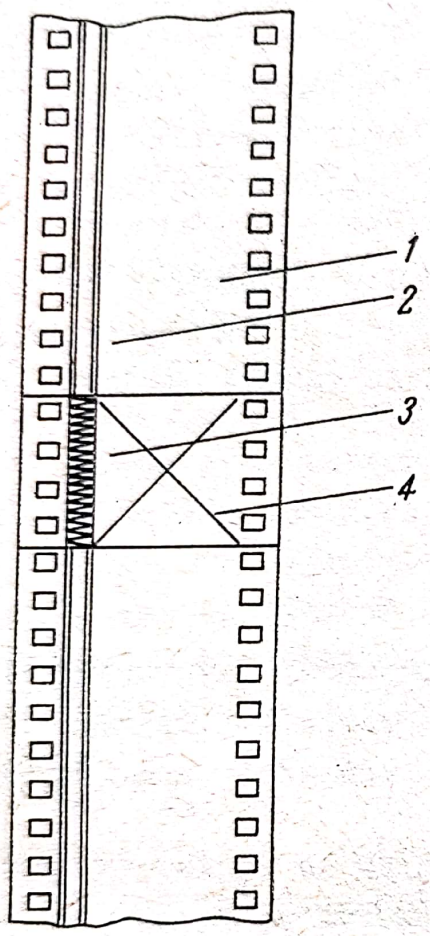



Fig.186. Semnul de început pentru negativul de sunet: 1- pelicula negativ sunet; 2- fonograma (linişte); 3- modulaţia semnalului pentru semnul de început (patru perforaţii); 4- semnul desenat cu tuş.

Trebuie remarcat că semnele de start pentru imagine şi sunet folosite de montajul negativ nu sînt decalate cum ar fi necesar pentru sincronizarea în copia standard. Această decalare se face ulterior, la pregătirea pentru copiere.

## 7. Montarea cozilor de donner, a scalelor şi a straturilor de început şi sfîrşit.

Cozile de donner sînt înregistrările de dublu ton ce se fac la sfîrşitul bobinelor de negativ de sunet şi folosesc pentru măsurarea distorsiunilor şi controlarea compensării. Montarea lor constă, după cum s-a arătat, în scoaterea porţiunii de negativ sunet inutilă dintre semnalul de sfîrşit a înregistrării şi începutul semnalului de dublu ton şi lipirea acestuia imediat după semnalul de sfîrşit. Pentru a se asigura copierea lui trebuie avut grijă ca, pe porţiunea de sfîrşit a negativului de imagine, ancoşa pentru oprirea automată a maşinii de copiat să fie făcută la o distanţă suficientă de la terminarea imaginii.

Scanned with OKEN Scanner

Scalele sînt bucăţi de peliculă conţinînd anumite densităţi standard. Ele se ataşează prin lipire la sfîrşitul bobinelor de negativ şi se montează la o distanţă de zece fotograme de la ultima fotogramă utilă a negativului. Aceste scale primesc la copiere o lumină bine determinată şi servesc la controlul standarditătţii prelucării copiilor pozitive.

În afara semnelor de start executate în cadrul montării negativelor de imagine şi sunet, la bobinele astfel montate se ataşează starturi speciale de copiere, la început şi sfîrşit. Astfel se realizează decalajul de 21 de fotograme dintre imagine şi sunet în copiile standard. Acesta este necesar pentru redarea sincronă în aparatele de proiecţie a imaginii şi sunetului. Montarea acestor starturi se execută în cadrul operaţiilor de pregătire a materialelor pentru copiere şi va fi arătată la capitolul respectiv.

## 8. Executarea lucrărilor speciale şi montarea lor în negativ

Aceste lucrări speciale conţin în general efecte specific cinematografice, obţinute prin suprapunere pe aceeaşi peliculă a două sau mai multe imagini filmate separat sau prin modificarea caracterului imaginii pe parcursul unui plan, realizată cu diferite mijloace după filmare.

Cu toate că aceste efecte se pot obţine şi prin filmare directă, prin expuneri repetate pe aceeaşi peliculă, această posibilitate este foarte rar folosită. Aproape întotdeauna aceste efecte se realizează în laborator, plecînd de la negative filmate separat. Realizarea lor în laborator dă posibilitatea executării efectului dorit pe un număr de fotograme bine determinat , iar acordarea de densitate şi culoare a imaginilor ce se combină poate fi făcută în bune condiţii.

Pentru executarea lor este necesară ca după copia de lucru montată să se stabilească exact lungimea pe care se vor întinde (la fotogramă), precum şi negativele cu care vor fi realizate.

Supraimpresiunile sînt suprapuneri a două imagini diferite. In unele cazuri (generice), una din cele două imagini este reprezentată de textul scris.

Pentru realizarea unei supraimpresiuni se aleg negativele celor două imagini ce urmează a fi suprapuse, se execută după aceste negative cîte o copie intermediară pozitivă (lavandă în cazul negativelor alb-negru sau interpozitiv în cazul celor color); după aceste copii intermediare se obţine prin dublă copiere un contratip cu imaginile suprapuse (fig.187). Acesta se montează în film în loc de negativ pe lungimea necesară stabilită la fotogramă. Suprapunerea celor două copieri pe porţiunile dorite din cele două pozitive intermediare se face cu ajutorul unor semne de reper puse atît pe acestea, cît şi pe pelicula de contratip, încărcarea în maşina de copiat făcîndu-se ţinînd seama de aceste repere.

Prin probe prealabile se stabilesc luminile de copiere sau filtre de corecţie necesare pentru copierea fiecăreia din cele două copii intermediare pozitive, astfel încît în contratipul rezultat cele două imagini suprapuse să fie bine acordate ca densitate şi culoare.

Executarea genericelor este similară, cu deosebirea că, în cazul lor, unul din negative reprezintă textul ce trebuie să apară scris pe imaginea celuilalt.

Fonduurile sînt planuri care se sfîrşesc printr-o întunecare treptată a imaginii pînă la negru (fig.188). Întunecarea are loc pe un număr stabilit de fotograme. Ele pot fi executate fie în maşina de copiat, dacă aceasta este prevăzută cu un dispozitiv special pentru astfel de lucrări, şi în acest caz în negativ se montează contratipul planului în cauză, fie pe cale chimică, acţionînd direct asupra negativului, care după aceea se montează ca atare.

Fonduurile chimice se execută prin scăderea densităţii imaginii treptat, scufundînd negativul fotogramă după fotogramă la un anumit interval de timp într-o soluţie de slăbire pentru negativele alb-negru sau în una de decolorare uniformă a

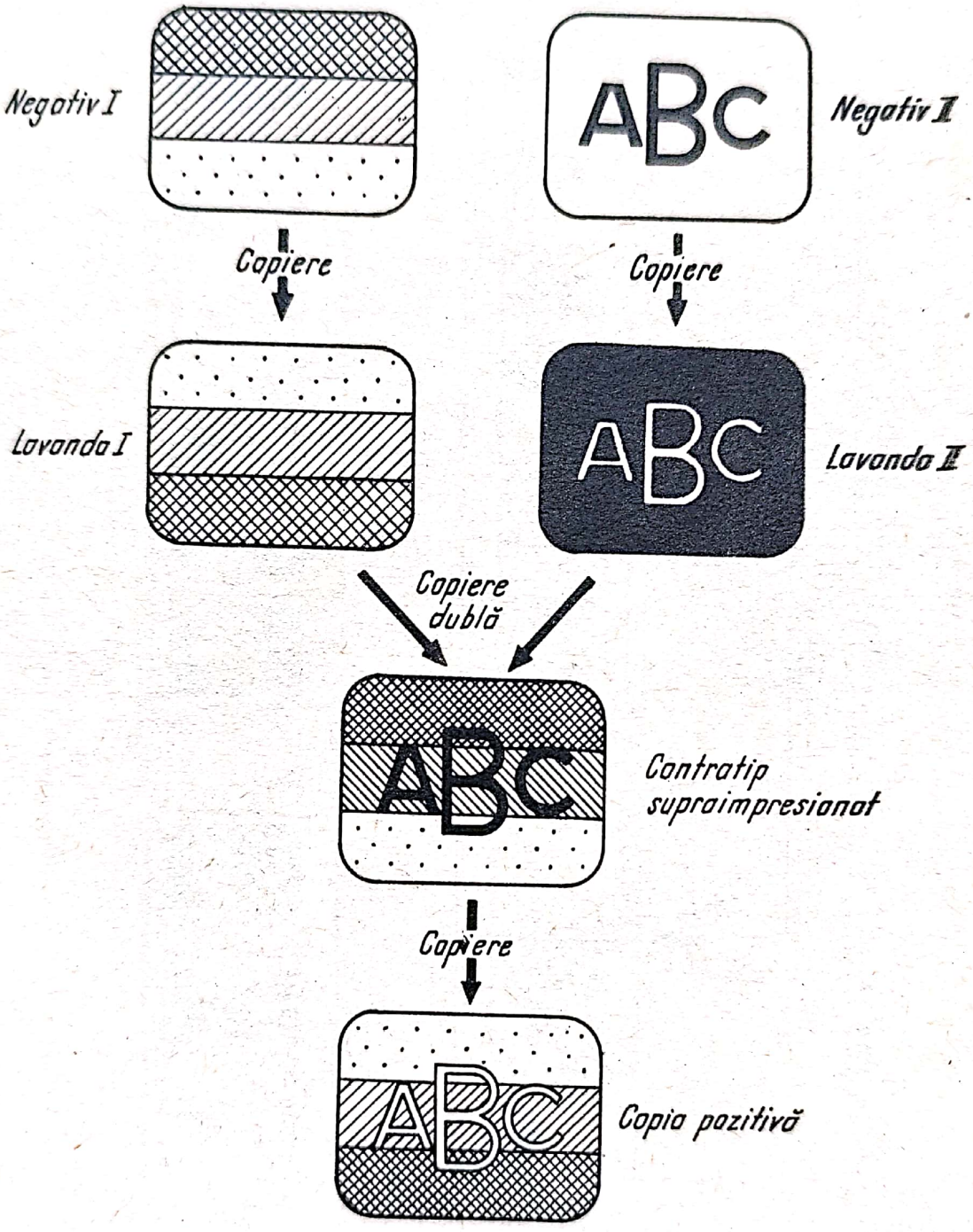



Fig.187.Schema realizării supraimpresiunilor(generic).

Scanned with OKEN Scanner

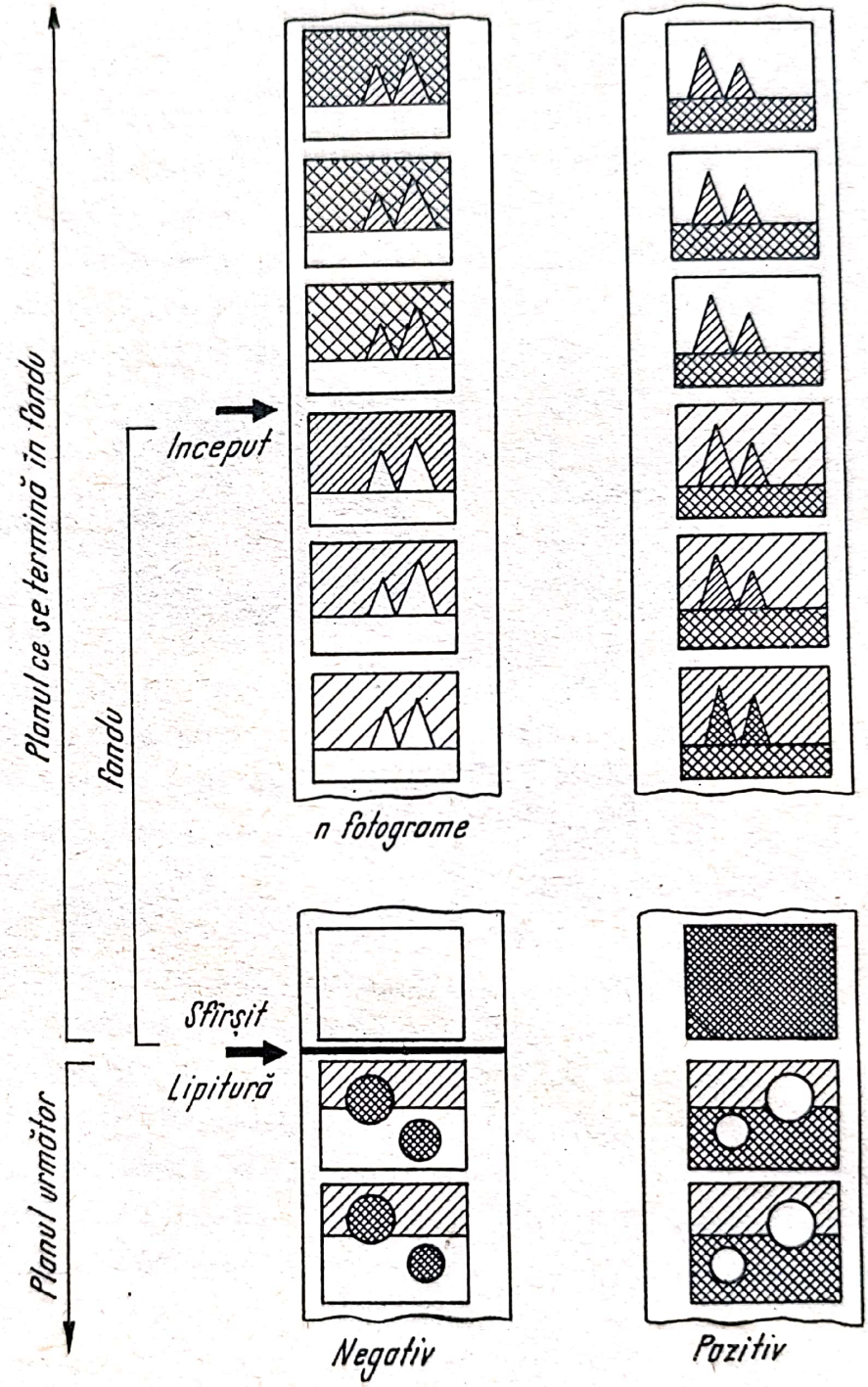



Fig.188. Schema unui fondu.

Scanned with OKEN Scanner

straturilor pentru cele color. Operaţia se face cu ajutorul unui dispozitiv special (fig.189), folosind un cronometru.

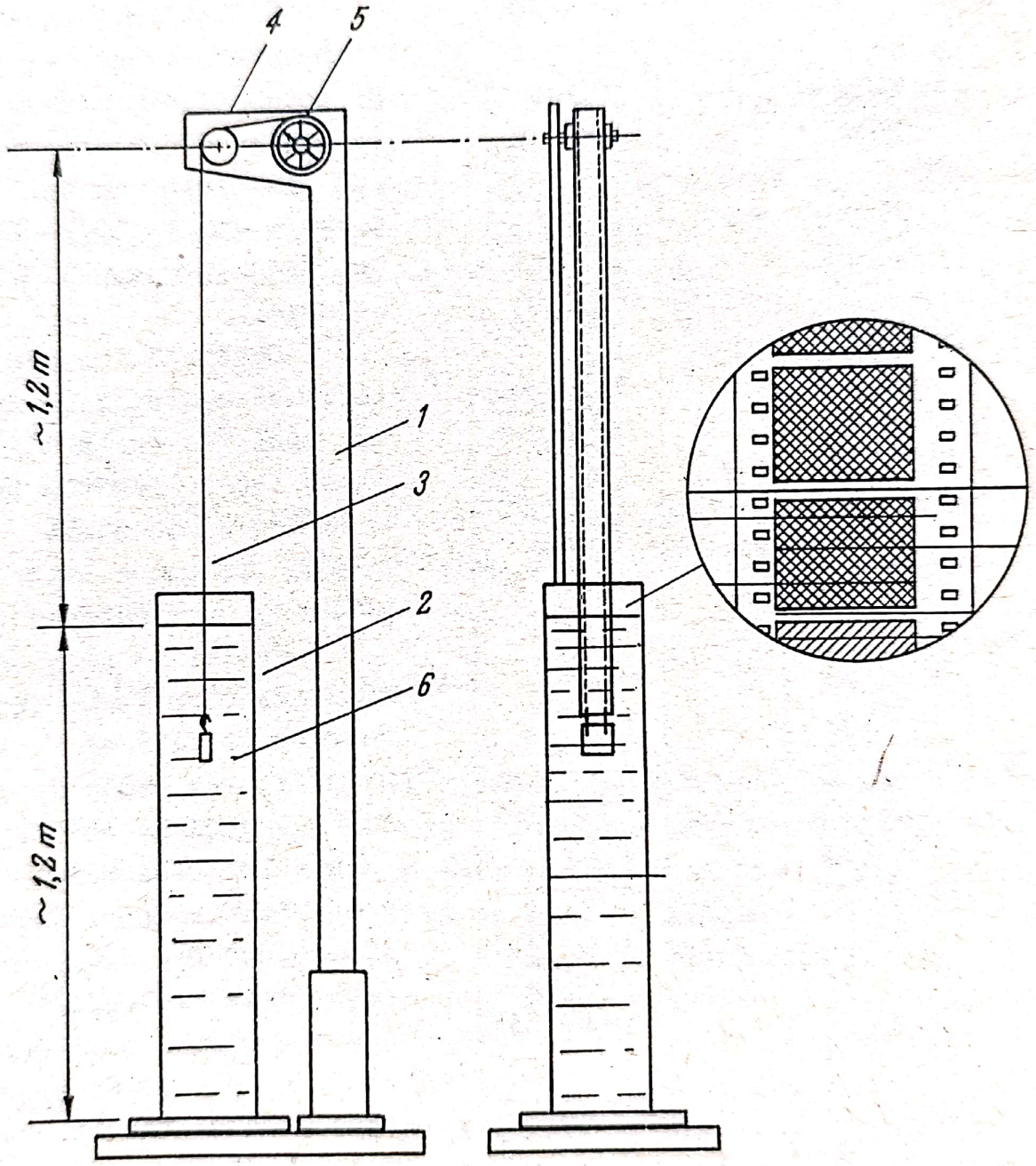



Fig.189. Dispozitivul pentru realizarea fonduurilor chimice:
1- suport; 2- cilindru de sticlă cu soluţia de slăbit;3- negativul; 4- rolă de ghidaj; 5- bobină cu planul pentru fondu;
6- greutate de întindere a negativului.

Pentru executarea fondului trebuie stabilit mai întîi numărul de fotograme pe care urmează să aibă loc întunecarea imaginii. După aceasta se face o probă de slăbire în soluţia preparată cu o bucăţică din negativul respectiv şi se determină timpul necesar de imersie pînă la dispariţia imaginii. Timpul astfel determinat se împarte la numărul de fotograme menţionat mai sus şi rezultă numărul de secunde cît trebuie ţinut fiecare cadru în soluţie.

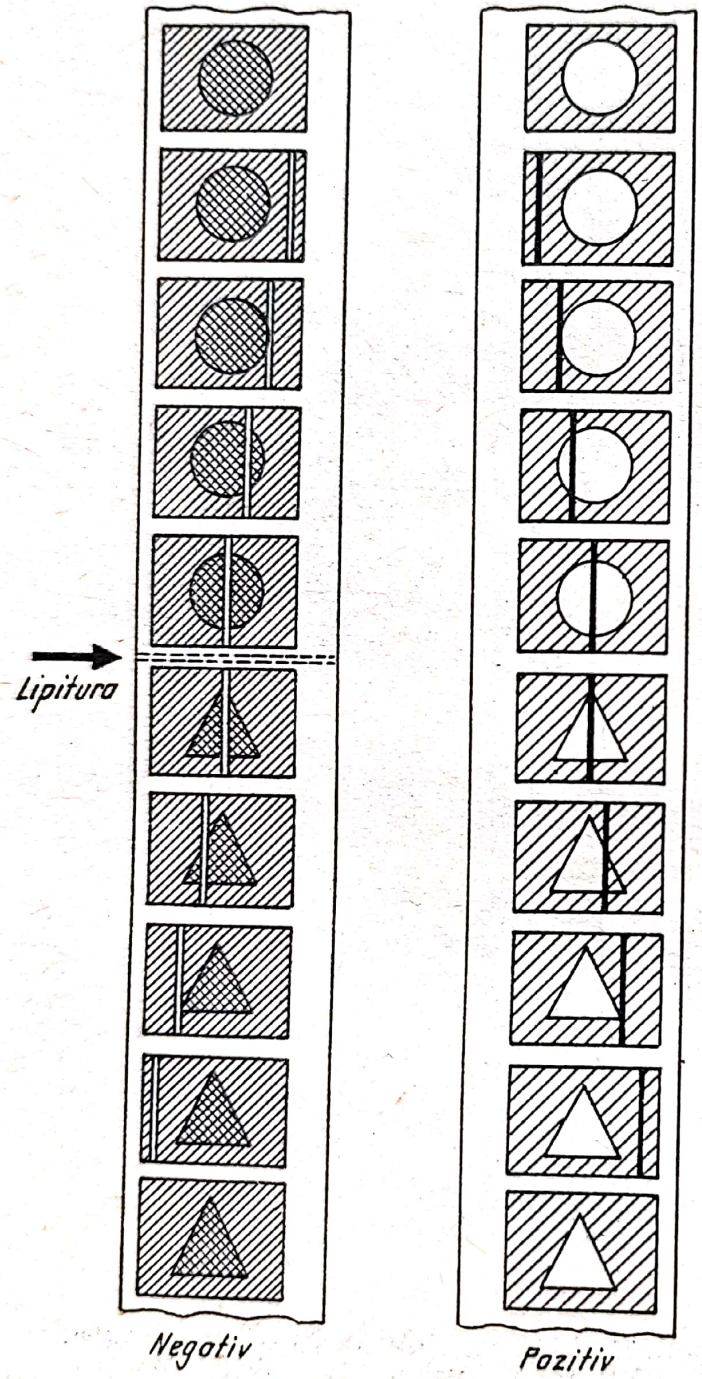



Fig.19o. Schema unui voleu.

După slăbire, negativul se spală, se fixează, apoi se spală din nou şi se usucă. Operaţia trebuie făcută cu multă **atenţie**, pentru a evita zgîrierea sau pătarea lui.

Voleurile sînt treceri ale unor forme geometrice (de obicei linii) dintr-o parte în alta a ecranului, în timp ce are loc schimbarea a două planuri (fig.19o). Ele se execută fie prin copiere pe calea folosirii în acest proces a unor măşti, şi în acest caz în negativ se montează contratipul planurilor în cauză, fie direct pe cele două capete ale negativelor ce se lipesc. În acest din urmă caz, realizarea lor se face

cu ajutorul unui dispozitiv special, cu care pe numărul de fotograme dat se efectuează cîte o zgîrietură ce se deplasează de la o fotogramă la alta. Lipitura dintre cele două planuri trebuie să corespundă cu poziţia de mijloc a zgîrieturii pe fotograme.

Montarea lucrărilor speciale în negativ se face la fel ca şi la montarea celorlalte planuri, în lungimile bine determinate, la fotogramă.

În cazul cînd ele nu sînt încă gata cînd se execută montarea negativului, în locul lor se montează peliculă blanc, iar ulterior se introduc în locul blancurilor.

## Capitolul XIX

## EXECUTAREA COPIEI POZITIVE STANDARD ETALON ŞI A TIRAJULUI DE PE NEGATIVE

### 1. Vizionarea copiei pozitive montate

Executarea copiei standard etalon constă în stabilirea corecţiilor de densitate şi culoare, în cazul filmelor color necesare fiecărui plan în parte, astfel ca prin copierea negativului cu fişa de lumini în care se introduc aceste corecţii să se obţină o copie în care toate planurile sînt corect echilibrate, atît în ceea ce priveşte densitatea cît şi culoarea.

Copia astfel obţinută se consideră că are calitatea optimă ce se poate obţine după negativul dat şi se numeşte c o p i e e t a l o n. Toate copiile ce se execută ulterior se copiază cu fişa de lumini cu care s-a obţinut această copie.

Pentru a ajunge la stabilirea corecţiilor optime în fişa de lumini a copiei etalon, se execută în prealabil copii

de probă aşa-zise tehnice; acestea se vizionează, se apreciază diferenţele ce trebuie corectate şi se aplică corecţiile în fişe la planurile respective. După două sau trei asemenea copii tehnice se ajunge la stabilirea corecţiilor definitive şi se realizează copia etalon.

Înainte de executarea primei copii tehnice se vizionează cu atenţie copia de lucru montată. Vizionarea se face într-o sală de proiecţie, în care iluminarea ecranului are o valoare bine determinată, respectiv 4oo lucşi, iar între cele două aparate de proiecţie nu trebuie să fie diferenţe de temperatură, de culoare. De asemenea trebuie reţinut că şi la vizionarea copiilor tehnice şi a celei etalon condiţiile proiecţiei trebuie să rămînă neschimbate.

Vizionarea copiei de lucru montate are scopul de a face cunoscut etalonerului caracterul general al imaginii filmului, caracterul special al imaginii unor secvenţe cînd este cazul, planurile cu efecte speciale (de noapte) sau cu anumite tente de culoare etc.

Totodată, la această vizionare trebuie să participe şi un controlor tehnic care urmăreşte dacă în montajul filmului nu s-au folosit duble (cadre) cu defecţiuni tehnice.

## 2. Executarea probelor de imagine

Înainte de a începe executarea primei copii tehnice se fac probe de imagine şi sunet, folosind pentru aceasta bobiniţele de etalonare şi cozile de donner.

Aceste probe se execută în scopul determinării corecţiilor aproximative ale planurilor şi a realizării fişei de lumini pentru imagine, iar pentru sunet, în vederea determinării luminii de copiere pentru obţinerea densităţii necesare în copia pozitivă.

Probele de imagine se fac copiind bobiniţele de etalonare pe pelicula pozitivă pe care urmează să se execute copiile

tehnice cu o singură lumină de copiere, avînd o valoare medie, atît în cazul negativelor alb-negru cît şi a celor color. Copierea se face folosind filtrul de normare a peliculei pozitive respective. Probele se developează în procesul pozitiv standard ( $\gamma$ = const. şi Dc = const.).

După developare se examinează plan cu plan bobiniţele de pozitiv astfel obţinute şi se notează într-un caiet pentru fiecare număr de plan corecţia ce se apreciază a fi necesară în vederea obţinerii densităţilor şi coloritului lor. Corecţiile constau în valorile mai mari sau mai mici ale luminii de copiere şi în valorile şi combinaţiile diferite ale filtrelor colorate în cazul filmelor color.

Pe baza valorilor astfel stabilite se confecţionează f i ş e l e d e l u m i n i. Pentru aceasta se folosesc benzi de peliculă neagră suprapuse, cîte două în cazul filmelor color, pe care se execută, cu o maşină specială de perforat fişe de lumini, orificiile necesare, unul după altul, la un interval de patru perforaţii. Ordinea de succesiune a lor şi numerele de lumină (diametrele) trebuie să corespundă exact cu datele din caietul de etalonare amintit.

La început se practică un orificiu în plus, aşanumita l u m i n ă d e î n c ă r c a r e, care serveşte pentru încărcarea corectă a fişei în maşina de copiat. La sfîrşit se practică de asemenea un orificiu în plus, necesar pentru copierea scalei de control ataşată la coada negativului. Numerele de lumină a acestor două orificii trebuie să fie standardizate.

După operaţia de perforare, fişele pentru filmele alb-negru sînt gata de întrebuinţare. Fişele pentru filmele color, formate din două benzi suprapuse, trebuie să cuprindă în dreptul fiecărui orificiu şi combinaţia de filtre color necesare. Pentru aceasta se aleg filtrele de culoaea şi densitatea necesară şi se introduc între cele două benzi în dreptul orificiului corespunzător, după care cele două benzi se capsează sau se cos. Operaţia se desfăşoară în continuare, orificiu după orificiu, pînă la terminarea fişei.

Scanned with OKEN Scanner

Probele de sunet se fac prin copierea cozilor de donner negative pe pelicula pozitivă pe care urmează să se execute copiile tehnice, cu mai multe valori ale luminii de copiere, după care se developează în condiţiile în care se developează şi probele de imagine (condiţiile standard ale procesului pozitiv).

După developare se citesc la densitometru densităţile obţinute. Se determină astfel valoarea luminii de copiere necesară, considerînd pentru aceasta acea lumină care a determinat obţinerea în pozitiv a densităţii $D_{poz}$ pentru care a fost executat negativul de sunet (compensarea optimă).

Totodată, pe aceste probe se pot măsura şi distorsiunile rezultate, verificînd în acest fel realizarea compensării. În caz de nevoie se poate adopta o nouă valoare pentru $D_{poz}$, care este indicată de nivelul minim al acestora. Într-un proces standardizat şi bine condus însă, acest lucru nu trebuie să se întîmple.

## 3. Executarea bobinei de probă pentru alegerea contrastului

După executarea fişei de lumini şi stabilirea luminii de copiere pentru fonogramă, cu aceste elemente şi folosind forfiltrul de normare a peliculei pozitive, se execută copierea unei bobine de probă. Developarea se face în condiţiile standard.

Vizionînd această bobină, se analizează contrastul vizual pe ecran, ţinînd seama în aprecierea lui de caracterele aparte ale unora din secvenţe. Vizionarea se face împreună cu operatorul de imagine al filmului şi în urma ei se stabileşte valoarea cea mai potrivită a coeficientului de contrast a pozitivului pentru filmul respectiv, urmînd ca developarea copiilor lui să se facă la această valoare.

Folosirea acestei metode nu este însă indicată şi nu trebuie practicată în laboratoarele cu procese standardizate.

Orice modificare a factorului de contrast a pozitivului aduce după sine dereglări serioase în ceea ce priveşte compensarea fonogramei.

Necesitatea acestei modificări a contrastului în faza trecerii la executarea copiilor pozitive standard poate fi uşor eliminată prin următoarele:

- factorul de contrast al procesului pozitiv să fie standardizat, să aibă valoarea optimă pentru perechea de tipuri de pelicule negativ-pozitiv cu care se lucrează şi să fie menţinut constant în timp;
- valoarea lui să fie aceeaşi şi pentru copiile de lucru, şi pentru copiile standard de toate categoriile;
- operatorii de imagine să ţină seama de acest lucru la efectuarea probelor tehnice înaintea începerii filmărilor şi să aleagă valorile corespunzătoare ale contrastului de iluminare şi ale factorului $\gamma_{neg}$ pentru obţinerea pe ecran a contrastului vizual dorit, în condiţiile $\gamma_{poz}$ = const.

## 4. Executarea şi rectificarea primei copii tehnice

Cu parametrii de lucru determinaţi, după cum s-a arătat mai înainte (fişe de lumini, lumina de copiere pentru fonogramă etc.), se trece la copierea primei copii tehnice. Aceasta este totodată şi prima copie standard, avînd atît imaginea cît şi fonograma pe aceeaşi peliculă. După copiere se developează în condiţiile standard, verificîndu-se corectitudinea parametrilor obţinuţi ( $\gamma$ şi Dc pentru imaginea, $D_{poz}$ şi distorsiuni% pentru sunet).

După aceasta se trece la vizionarea ei. Vizionarea se face împreună cu operatorul de imagine al filmului, la un nivel de iluminare bine determinat al ecranului. Se observă pe ecran densitatea şi culoarea planurilor, urmărind numerele lor de or-

dine, şi se stabilesc corecţiile necesare, notîndu-se într-un caiet de vizionare, plan cu plan, valorile de lumini şi filtre ce trebuie adăugate sau scăzute valorilor ce au fost folosite.

După terminarea vizionării, aceste valori se operează în fişele de lumini, executînd modificările necesare care se vor reflecta în copia următoare.

Vizionarea, stabilirea corecţiilor şi modificarea fişelor de lumini în sensul necesar se numeşte şi r e c t i f i c a r e a c o p i e i t e h n i c e respective.

Vizionarea primei copii tehnice prezintă o importanţă deosebită şi pentru controlul tehnic de calitate.Cu această ocazie se verifică realizarea parametrilor standard ai copiei pozitive, calitatea remedierilor unor planuri de negativ (depolizări), a lipiturilor negativului, a lucrărilor speciale introduse în negativ, sincronismul dintre imagine şi sunet,calitatea lui etc.

## 5. Executarea celorlalte copii tehnice pînă la copia standard etalon

Celelalte copii tehnice, inclusiv copia etalon, se execută în aceleaşi condiţii ca şi prima copie tehnică. De fiecare dată însă se fac corecţiile necesare în fişele de lumini, astfel încît copia etalon să reprezinte alinierea optimă a planurilor. De obicei, după copia a II-a sau a III-a tehnică se obţine copia etalon.

Totodată, pe parcursul realizării copiilor tehnice, se urmăresc şi diferitele remedieri ce se mai fac în negativul de imagine sau în legătură cu obţinerea compensării optime a sunetului.

Copia etalon reprezintă calitatea optimă ce se poate obţine după negativul dat. Ea rămîne în laborator pentru a folosi ca etalon de calitate tehnică pentru copiile ce se execută ulterior.Fişa de lumini cu care s-a copiat această copie rămîne conside-

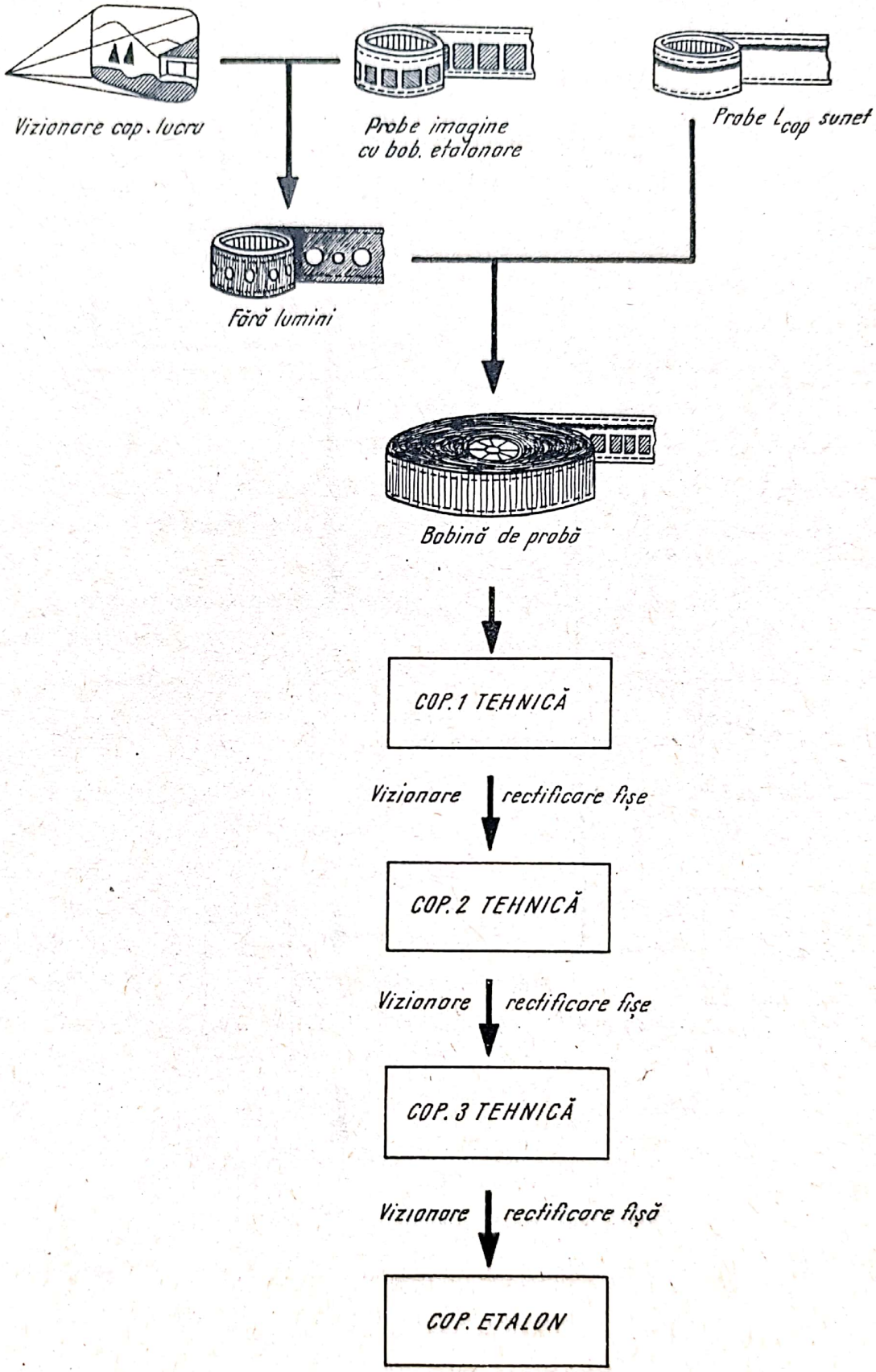



**Fig.191. Schema realizării copiilor tehnice și etalon.**

Scanned with OKEN Scanner

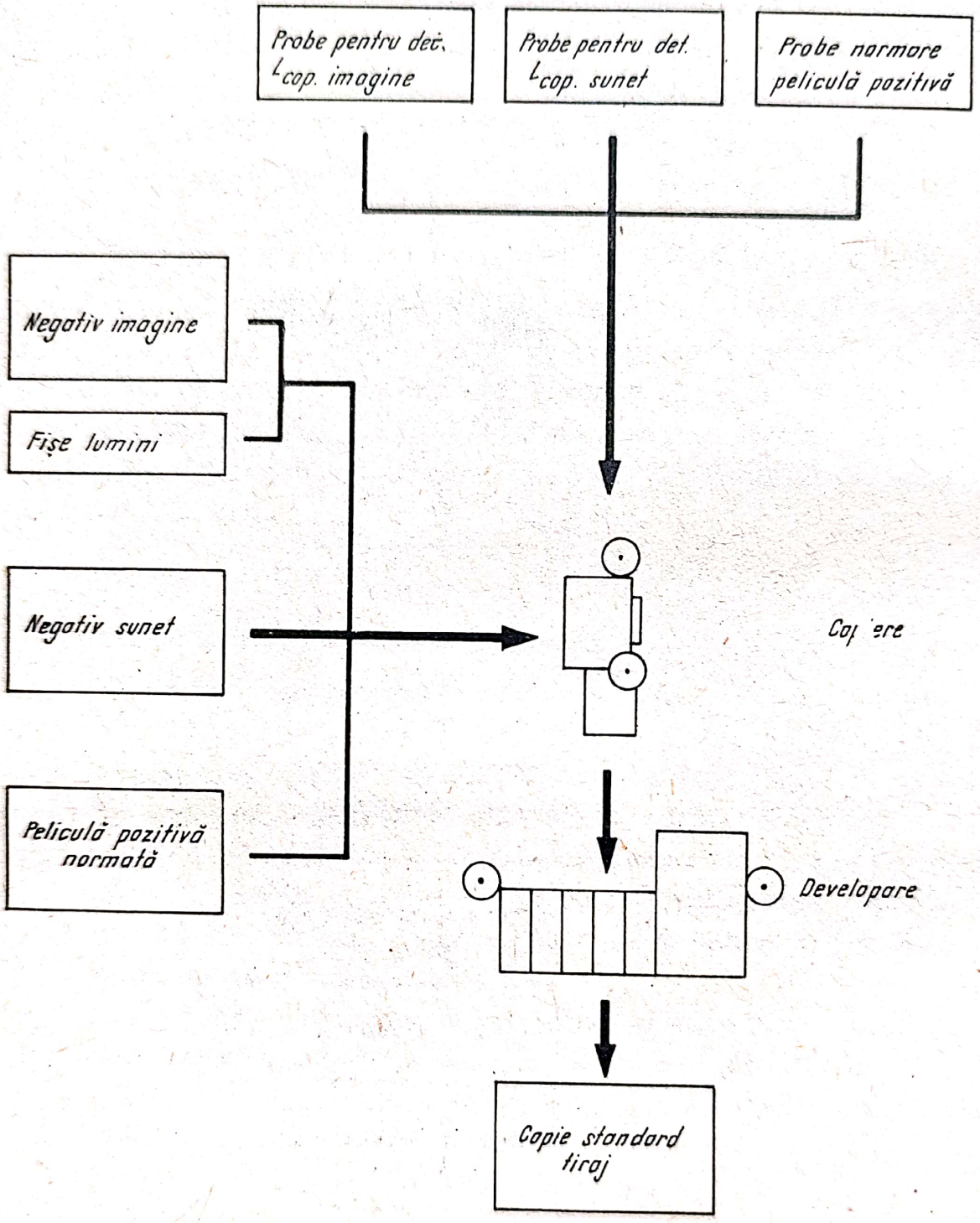



Fig.192. Schema executării copiilor de tiraj după negative.

Scanned with OKEN Scanner

rată ca definitivă şi, împreună cu bobiniţele de etalonare, aparţine negativului respectiv. În figura 191 este dată schema realizării copiilor tehnice şi etalon.

6. Executarea tirajului de pe negative

Copiile de tiraj de pe negative se execută în principiu ca şi copia standard etalon, ţinîndu-se seama însă ca densitatea lor generală să fie mai scăzută, în conformitate cu nivelul iluminării medii din sălile de cinematograf.

Factorul de contrast $\gamma$ pentru imagine şi densitatea de compensare a fonogramei $D_{poz}$ sînt menţinuţi la valorile standard.

Copiile se execută folosind fişele de lumini ale negativelor respective.

La schimbarea emulsiilor de peliculă pozitivă, diferenţele dintre acestea se compensează cu ajutorul forfiltrelor de normare.

Parametrii de copiere pentru imagine şi sunet se determină cu ajutorul unei probe efectuate cu bobiniţa de etalonare şi o porţiune de dublu ton (donner).

După fiecare copiere, negativul de imagine şi sunet se controlează din punctul de vedere al stării tehnice, iar cînd este cazul se fac remedierile necesare.

În figura 192 este dată schema executării copiilor de tiraj după negative.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XX

## CONTRATIPAREA ALB-NEGRU

### 1. Importanţa procesului de contratipare

Negativul unui film reprezintă o valoarea deosebit de mare. Toate cheltuielile de realizare ale acestuia se concretizează în cele din urmă în negativul lui montat. Negativul montat este un material deosebit de fragil, avînd foarte multe lipituri, ancoşe, diferenţe de contracţii între planurile lipite etc., ceea ce face ca trecerea lui repetată prin maşinile de copiat să fie însoţită de riscuri de sfîşieri şi degradări cu consecinţe deosebit de grave.

Chiar în cazul cînd aceste riscuri s-ar putea evita, numărul de copii pozitive ce se pot obţine după un negativ este limitat datorită frecăturilor şi zgîrieturilor ce apar pe suprafeţele sale, precum şi a uzurii perforaţiilor în urma multor treceri prin maşinile de copiat.

Din această cauză a apărut necesitatea multiplicării negativelor. Procesul de contratipare urmăreşte tocmai acest lucru. Prin contratipare, după un negativ original dat, se obţin unul sau mai multe negative duplicate, denumite d u p - n e g a t i v e s a u c o n t r a t i p e. După un contratip de bună calitate, prin copiere se pot obţine copii pozitive de un nivel calitativ satisfăcător, comparativ cu a celor obţinute direct după negativul original.

Prin realizarea contratipelor se rezolvă următoarele probleme:

- se pot efectua un număr foarte mare de copii de tiraj, fără a afecta starea tehnică a negativului original;
- se pot face schimburi internaţionale de filme fără a folosi pentru aceasta trimiterea negativului;

- se poate face trecerea unui film de pe un format pe altul (de exemplu, de pe un negativ cinemascop se poate obţine un contratip de format normal);
- se pot face diferite lucrări speciale şi de filmări combinate (supraimpresiuni, generice etc.);
- se asigură exploatarea filmului chiar în cazuri de accidente ale negativului original, ca deteriorări grave, incendiu etc.

Pentru obţinerea contratipelor alb-negru există două metode: metoda reversibilă şi metoda cu un pozitiv intermediar.

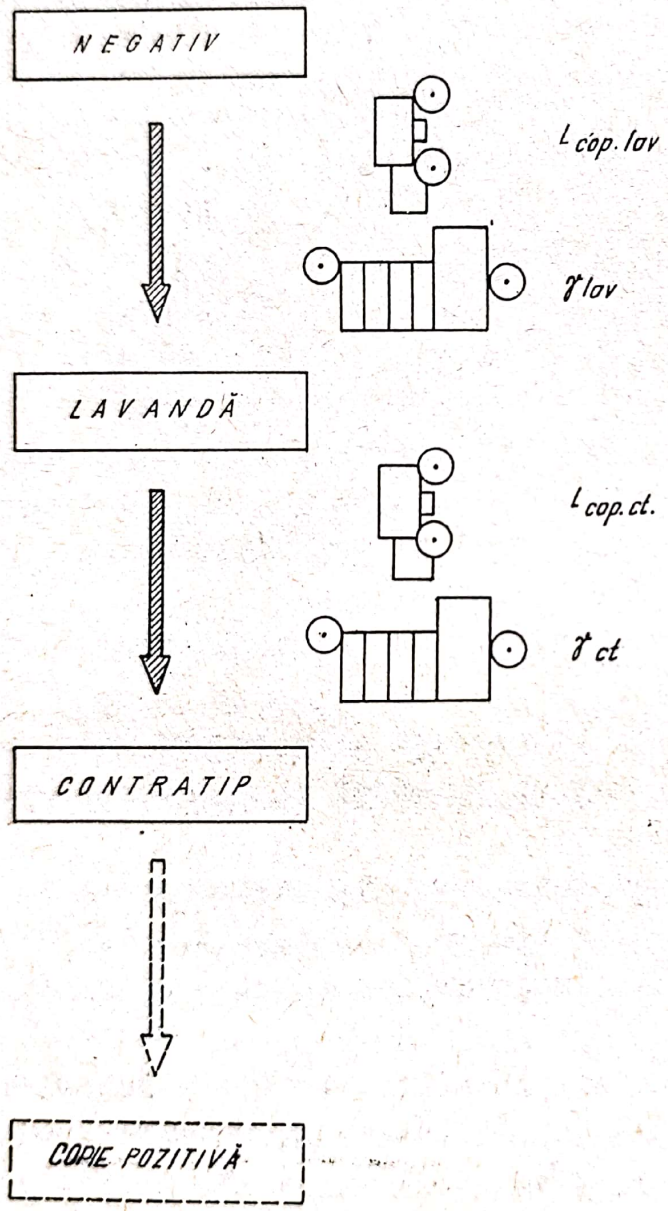
Prin metoda r e v e r s i b i l ă se foloseşte copierea negativului pe o peliculă specială, care apoi se developează într-un proces reversibil.Se obţine astfel direct după negativul original un contratip, care într-o măsură mai mare sau mai mică reproduce caracteristicile acestuia.

Această metodă, cu toate că în aparenţă pare simplă şi raţională, prezintă mai multe inconveniente şi, din această cauză, este foarte rar folosită în cinematografie, fiind într-o măsură oarecare utilizată în televiziune.

Principalele dezavantaje ale metodei reversibile sînt următoarele:

- procesul de contratipare reclamă o deosebită precizie în controlul factorilor de contrast şi a intervalului de densităţi pe faze;
- datorită efectului de inversare stînga-dreapta a imaginii, copierea trebuie făcută prin suportul negativului, ceea ce duce la o scădere însemnată a claritătii contratipului;
- pentru evitarea acestei situaţii s-ar putea folosi copierea pe o maşină de copiat specială, cu inversare optică a imaginii, însă în acest caz toate micile defecţiuni ale suprafeţelor negativului,ca zgîrieturi fine,frecături,puncte etc.,se transmit contratipului, înrăutăţindu-i mult calitatea.

M e t o d a  c u  d i s p o z i t i v  i n t e r m e d i a r constă în obţinerea după negativul original întîi a unei copii pozitive intermediare speciale, denumită şi d u p - p o z i t i v sau l a v a n d ă, după care se execută contratipul.




Cele două faze se execută separat, în procese simple, uşor controlabile. În ambele faze, copierea se face normal prin contact, emulsie pe emulsie. Schema procesului este dată în figura 193.

În acest fel, cu toate că această metodă pare mai complicată, în practică ea dă rezultate mult mai bune, înlăturînd inconvenientele cele reversibile şi de aceea în cinematografie ea este folosită în exclusivitate. În cele ce urmează ne vom referi numai la această metodă.

Fig.193. Schema procesului de contratipare alb-negru.

2. Descrirerea celor două etape
ale contratipării

Executarea pozitivului intermediar. Pozitivul intermediar sau lavanda se realizează prin copierea negativului original împreună cu fişa sa de lumini pe o peliculă specială pentru acest gen de lucrări, obţinîndu-se astfel o copie intermediară. Această copie este egalizată (prin folosirea fişei de lumini, fiecare plan a primit corecţia necesară a luminii de copiere) şi ea se deosebeşte de o copie pozitivă obişnuită printr-o densitate ceva mai ridicată, un contrast mai scăzut şi o granulaţie foarte fină. Despre aceşti factori se va vorbi ulterior.

La executarea lavenzilor o deosebită atenţie trebuie acordată acurateţei perfecte a suprafeţelor, cît şi clarităţii şi stabilităţii de copiere a imaginii, întrucît asemenea defecţiuni se amplifică simţitor în faza următoare, de realizare a contratipului.

Realizarea contratipului. Contratipul se realizează prin copierea lavenzii astfel obţinute, fără a mai folosi fişa de lumini, pe o peliculă specială pentru acest gen de lucrări. Lavanda fiind egalizată, şi contratipul copiat după ea va fi egalizat, deci va permite obţinerea copiilor pozitive fără a mai folosi fişa de lumini. Din această cauză, contratipul nu este o reproducere fidelă a negativului sub raport de densităţi decît în cazul planurilor care au avut lumini normale de copiere în fişa de lumini.

Şi la executarea contratipelor trebuie acordată o atenţie deosebită acurateţei suprafeţelor, clarităţii şi stabilităţii de copiere a imaginii, întrucît el, avînd rolul unui material primar, toate defecţiunile sale se vor transmite ulterior copiilor respective.

### 3. Condiţiile sensitometrice ale contratipării alb-negru

Procesul de contratipare trebuie să asigure transmiterea riguroasă în contratip a intervalului de densităţi ale negativului original. Sistemul acestui transfer înglobează atît caracteristicile sensitometrice ale lavenzii cît şi ale contratipului . De aceea, parametrii acestor caracteristici au valori optime bine determinate pentru fiecare fază în parte (lavandă şi contratip), iar între ele există o strînsă legătură.

Condiţia de bază pentru reproducerea exactă a intervalului de densităţi al negativului în contratip este folosirea în fiecare fază a unor curbe de transfer liniare. Curbele de transfer folosite sînt tocmai curbele caracteristice ale peliculelor dup-pozitiv şi dup-negativ.

De aceea, această condiţie trebuie realizată prin determinarea unor asemenea valori ale luminii de copiere pentru lavandă şi contratip, precum şi a unor astfel de factori de contrast de developare, încît în fiecare caz intervalul de densităţi utile să fie plasat pe porţiunea rectilinie a curbelor caracteristice ale celor două pelicule.

Conform celor expuse se poate stabili o corelaţie strînsă între factorii de contrast necesari celor două procese.

Pentru aceasta considerăm două densităţi ale negativului $D'_{neg}$ şi $D''_{neg}$ şi cele două densităţi corespunzătoare lor obţinute în lavandă, $D''_{lav}$ şi $D'_{lav}$ situate pe porţiunea rectilinie a curbei caracteristice.

Reprezentăm aceste densităţi într-un sistem de coordonate bipolare (fig.194) şi construim triunghiul ABC, în care:

$$AB = D''_{neg} - D'_{neg} = \triangle D_{neg};$$

$$BC = D''_{lav} - D'_{lav} = \triangle D_{lav}.$$

Se observă că latura AC reprezintă un segment din porţiunea rectilinie a curbei caracteristice a lavenzii. Unghiul de înclinaţie a acesteia faţă de abscisă este unghiul $\alpha$ .

Rezultă:

$$\gamma_{lav} = tg\,\alpha \quad tg\alpha = \frac{BC}{AB} = \frac{D_{lav}}{D_{neg}} ,$$

de unde:

$$\gamma_{lav} = \frac{\triangle D_{lav}}{\triangle D_{neg}} .$$

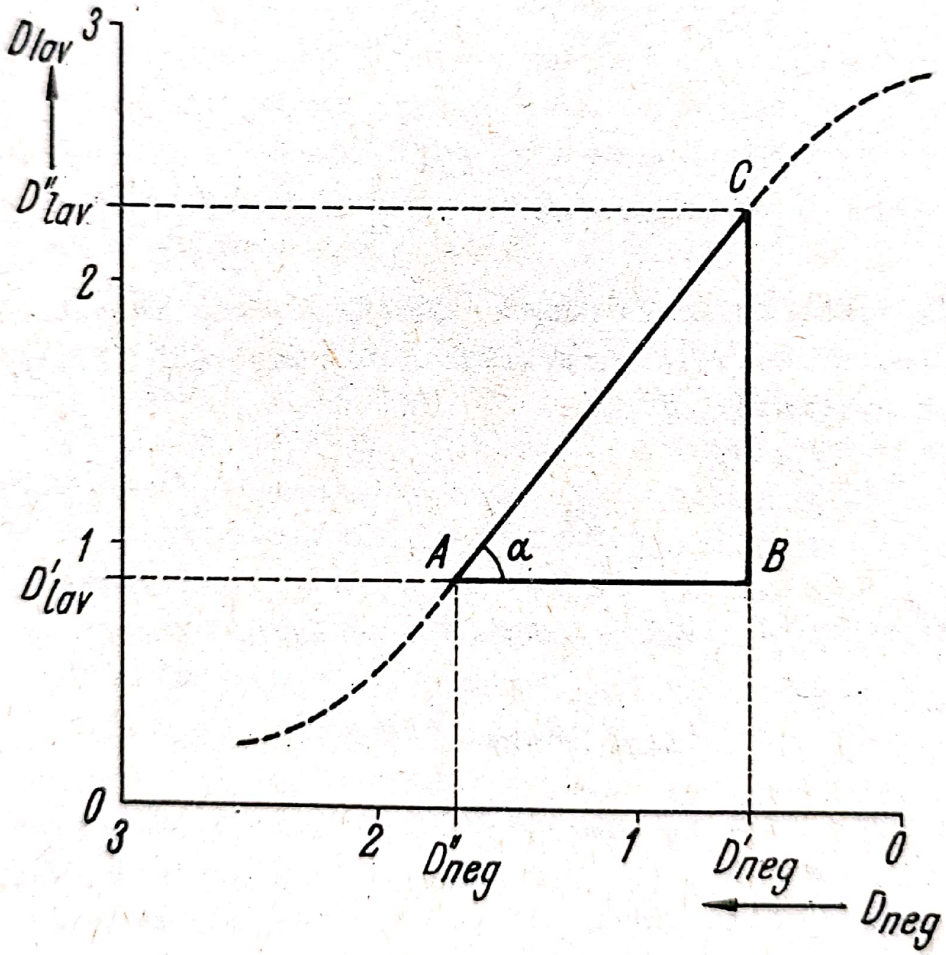



Fig.194. Reprezentarea grafică a relaţiei dintre $\gamma_{lav}$, $\triangle D_{neg}$ şi $\triangle D_{lav}$.

În mod analog se poate stabili şi relaţia pentru procesul lavandă-contratip, obţinînd:

$$\gamma_{ct} = \frac{\Delta D_{ct}}{\Delta D_{lav}}.$$

Din cele două relaţii scoatem valoarea $\Delta D_{lav}$:

$$\Delta D_{lav} = \gamma_{lav} \quad \Delta D_{neg} ;$$

$$\Delta D_{lav} = \frac{\Delta D_{ct}}{\gamma_{const}},$$

de unde:
$$\gamma_{lav} \Delta D_{neg} = \frac{\Delta D_{const}}{\gamma_{const}}$$

din care rezultă:
$$\gamma_{lav}.\gamma_{ct} = \frac{\Delta D_{ct}}{\Delta D_{neg}}.$$

În cazul optim al contratipării trebuie să aibă loc reproducerea exactă a intervalului de densităţi al negativului în contratip, deci:

$$\frac{\Delta D_{ct}}{\Delta D_{neg}} = 1.$$

În această situaţie, relaţia devine:

$$\gamma_{lav}.\gamma_{const} = 1.$$

Aceasta este relaţia de bază a contratipării, numită şi l e g e a l u i G o l d b e r g, şi îndeplinirea ei asigură redarea optimă în procesul de contratipare a intervalului de densităţi şi a contrastului negativului original.

## 4. Condiţiile granulometrice şi rezolvometrice ale contratipării alb-negru

În procesul de contratipare, în afară de problema reproducerii intervalului de densităţi şi a contrastului negativului, o deosebită importanţă prezintă problema granulaţiei şi a puterii rezolvante.

Datorită faptului că între negativul original şi copiile obţinute după contratip se interpun încă două pelicule, pelicula dup-pozitiv şi pelicula dup-negativ, aceasta face ca efectul de "fierbere" care se datoreşte creşterii granulaţiei să se accentueze puternic în copiile după contratipe.

De aceea, pentru procesul de contratipare trebuie folosite pelicule intermediare cu o granulaţie deosebit de fină, iar prelucrarea lor trebuie realizată în asemenea condiţii încît să se asigure acest lucru.

Totodată, puterea rezolvantă şi, legată de ea, claritatea detaliilor fine, este afectată datorită interpunerii celor două copieri între negativ şi copia pozitivă.

Pentru a asigura copiilor după contratipe o claritate satisfăcătoare, trebuie ca peliculele folosite în contratipare, lavanda şi contratipul, să aibă o putere rezolvantă foarte ridicată, iar copierea lor să se facă pe maşini de copiat care să asigure următoarele condiţii deosebit de importante:

- claritatea de copiere cît mai ridicată şi uniformă pe toată suprafaţa imaginii;
- stabilitatea perfectă a celor două pelicule pe verticală, orizontală şi în profunzime.

În afară de caracteristicile rezolvometrice ale peliculelor şi calitatea procesului de copiere, pentru reproducerea detaliilor fine o deosebită importanţă mai au şi condiţiile fizice de developare. Astfel, efectele developării direcţionale şi a locurilor adiacente duc la o scădere pronunţată a redării detaliilor mici şi de contur, ducînd în final la o reducere simţitoare a puterii rezolvante a imaginii contratipate.

Scanned with OKEN Scanner

Ținînd seama de efectele defavorabile ale măririi efectului de granulație și de scădere a puterii rezolvante, este necesar ca acestor parametri să li se dea o deosebită atenție în acest proces.

## 5. Caracteristicile peliculelor destinate contratipării

Pentru contratipare, fabricile de peliculă produc pelicule speciale, ale căror caracteristici sînt adecvate acestui proces.

Astfel, pentru faza de pozitiv intermediar se produc dup-pozitive (lavenzi), iar pentru cea de negativ intermediar, dup-negative (contratipe).

Caracteristicile specifice ale acestor pelicule sînt următoarele: factorul de contrast, granulația, puterea rezolvantă, latitudinea de expunere și sensibilizarea spectrală.

Factorul de contrast $\gamma$ este astfel stabilit încît în condițiile unei developări normale produsul $\gamma_{lav} \times \gamma_{const}$ să satisfacă regula lui Goldberg.

Pentru lavenzi, acesta are valoari cuprinse între 1,5 și 1,6, iar pentru contratipe între o,6 si o,7. În figura 195 sînt date curbele caracteristice a unei lavenzi, iar în figura 196 ale unui contratip.

Granulația peliculelor dup -pozitive cît și dup-negative este foarte fină. Ea se definește prin c o e f i c i e n t u l C a l l i e r, care este raportul dintre valoarea unei densități citite în lumină paralelă față de valoarea aceleiași densități citite în lumină difuză.

Ca indice de granulație se consideră coeficientul K, care este:

$$K = loo \lg \frac{D_{II}}{D_H} .$$

Pentru lavenzi şi contratipe K < 18, în timp ce valoarea lui pentru peliculele negative de imagine este de ordinul 25-30.

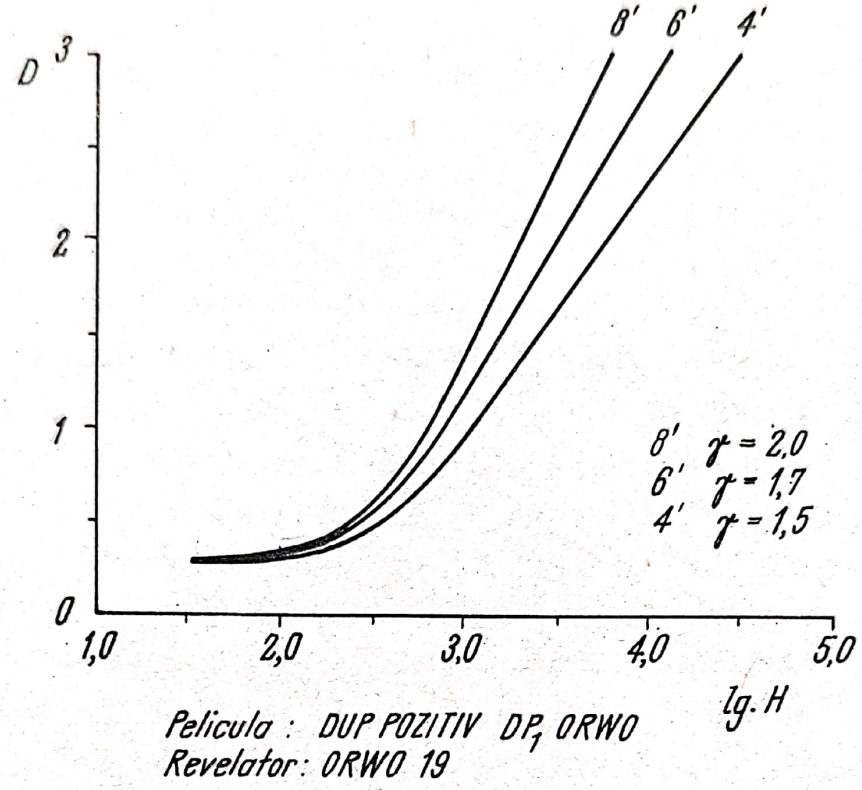



**Fig.195. Curbele caracteristice ale unei pelicule dup-pozitiv.**

Puterea rezolvantă este de asemenea deosebit de ridicată. Astfel, pentru peliculele dup-pozitive şi dup-negative, R>llo linii/mm, în timp ce la negative această valoare nu depăşeşte 8o linii/mm.

Pentru obţinerea unei puteri rezolvante ridicate, aceste pelicule au un strat antihalo special de mare eficacitate, au suportul colorat, precum şi o grosime a stratului de emulsie relativ mică în scopul reducerii difuziei luminii în strat.

Latitudinea de expunere este de asemenea o caracteristică însemnată pentru aceste pelicule. Ea are valori ridicate, mai mari de 1,8, şi are o mare importanţă pentru reproducerea liniară a intervalului de densităţi al negativului original.

Sensibilizarea spectrală a peliculelor dup-pozitive şi dup- negative obişnuite este plasată în zona albastră a spectrului, avînd un maximum la 46o mμ .

Există şi pelicule de contratipare alb-negru cu sensibilizare pancromatică, la întregul spectru vizibil, aşa-numite pelicule d u p - p o z i t i v e şi d u p - n e g a t i -

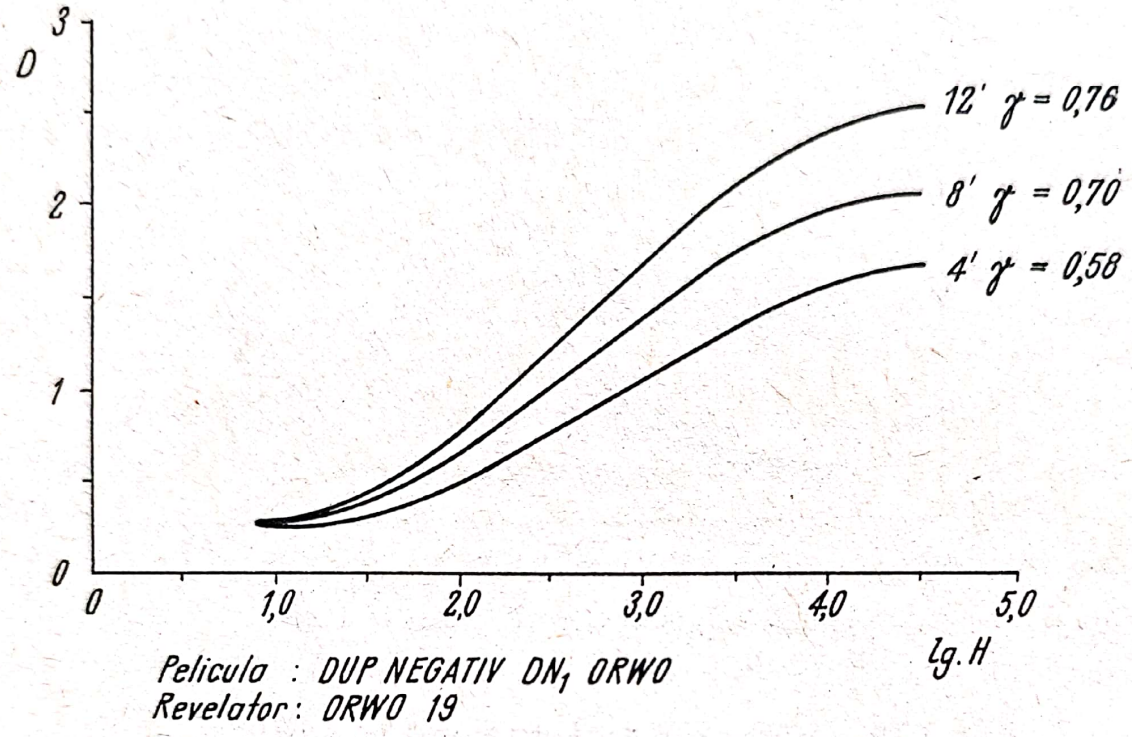



Fig.196. Curbele caracteristice ale unei pelicule dup-negativ.

v e p a n c r o m a t i c e. Acestea permit obţinerea de contratipe alb-negru şi de pe negative color. Ele au o granulaţie mai fină decît cele obişnuite şi o putere rezolvantă mai ridicată, ceea ce face ca să fie utilizate din ce în ce mai mult şi în cazul contratipărilor după negativele alb-negru.

## 6. Determinarea obiectivă şi subiectivă a parametrilor de contratipare

Determinarea parametrilor de contratipare constă în stabilirea valorilor factorilor de contrast ai lavenzii şi contratipului $\gamma_{lav}$ şi $\gamma_{ct}$, a timpilor de developare necesari

pentru obţinerea acestor valori ale lor, precum şi a luminilor de copiere care să asigure atît în lavandă cît şi în contratip folosirea corectă a porţiunilor rectilinii ale curbelor celor două pelicule.

Determinarea obiectivă a factorilor de contrast $\gamma_{lav}$ şi $\gamma_{ct}$ se face pe baza curbelor sensitometrice ale peliculelor. Pentru aceasta se developează în procesul respectiv mai multe sensitograme expuse pe pelicula pe care urmează să se execute o lavandă sau un contratip, la diferite minutaje.

Citind şi trasînd aceste sensitograme, obţinem valorile factorului $\gamma$ pentru diferiţi timpi de developare. Cu aceste valori se trasează curba $\gamma = f(t)$, iar cu aceasta se determină exact timpii de developare necesari pentru obţinerea valorilor $\gamma_{lav}$ şi $\gamma_{ct}$ necesare.

Aceste valori se stabilesc în prealabil în conformitate cu recomandările fabricii pentru tipurile respective de pelicule, verificîndu-se produsul lor conform regulii lui Goldberg ( $\gamma_{lav} \times \gamma_{ct} = 1$).

În unele cazuri, cînd imaginea negativului original are un caracter deosebit, acest produs poate avea o valoare mai mare sau mai mică decît unitatea.

Lumina de copiere a lavenzii sau contratipului poate fi de asemenea determinată obiectiv. Pentru aceasta se măsoară cu un densitometru cu citire punctiformă $D_{max}$ şi $D_{min}$ a elementelor imaginii negative. Se fac apoi cîteva probe de lavandă copiate cu diferite lumini de copiere, se developează în condiţiile determinate pentru obţinerea valorii stabilite şi se citesc apoi densităţile corespunzătoare obţinute în lavandă. Se alege ca lumină de copiere pentru executarea lavenzii valoarea luminii de copiere a acelei probe la care aceste densităţi sînt plasate pe începutul şi respectiv sfîrşitul porţiunii rectilinii a curbei caracteristice a lavenzii (fig. 197). Determinarea luminii de copiere a contratipului se face în mod analog, urmărind plasarea corectă a densităţilor imaginii din lavandă pe porţiunea rectilinie a curbei caracteristice a contratipului.

Determinarea luminii de copiere se poate face şi cu ajutorul scalei gri. Pentru aceasta se ia o scală gri negativă cu un număr oarecare de plaje.

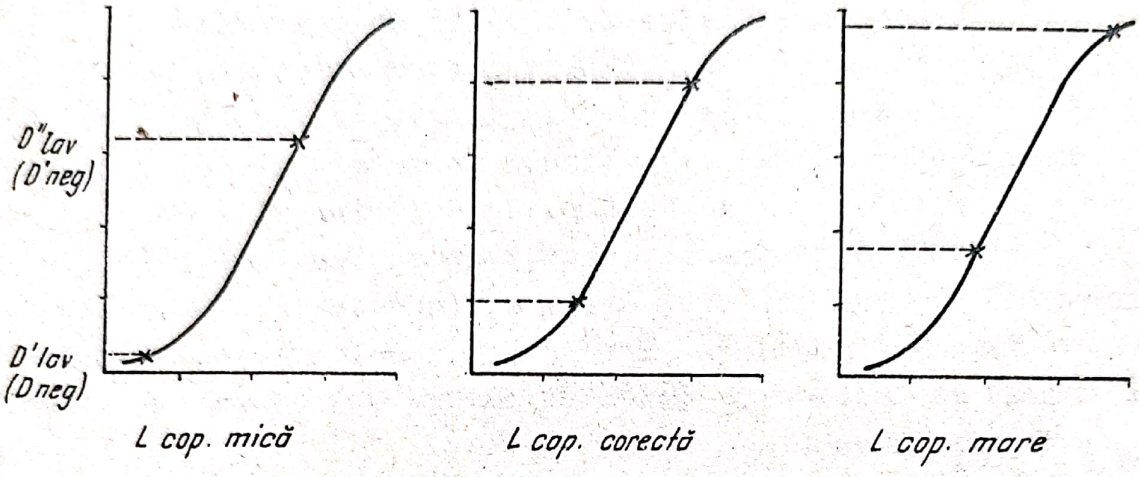



Fig.197. Determinarea obiectivă a $L_{cop}$ a unei lavenzi cu ajutorul $D_{min}$ şi $D_{max}$ ale negativului şi al curbei caracteristice a lavenzii.

Densitatea minimă şi maximă a scalei trebuie să corespundă aproximativ cu $D_{min}$ şi $D_{max}$ întîlnite în mod curent în imaginea negativă.

Se copiază această scală pe pelicula de lavandă cu diferite lumini de copiere şi se developează probele copiate la valoarea coeficientului $\gamma$ stabilită, după care se citesc pe scale densităţile obţinute pentru fiecare lumină de copiere.

Cu aceste valori se trasează curbele densităţilor lavenzilor funcţie de densităţile scalei (fig.198).

Se consideră lumina de copiere pentru lavandă acea lumină care a determinat obţinerea curbei cu porţiunea rectilinie cea mai lungă

În cazul acestei curbe înseamnă că intervalul de densităţi al negativului a fost plasat pe porţiunea rectilinie a curbei caracteristice a lavenzii, ceea ce reprezintă condiţia optimă pentru lumina de copiere.

Pentru stabilirea luminii de copiere pentru contra tip se procedează în mod analog, folosind însă o scală pe pelicu-

lă de lavandă şi al cărei interval de densităţi să exprime intervalul de densităţi al lavenzii.

În afară de aceste metode obiective de stabilire a parametrilor de contratipare, aceştia pot fi stabiliţi şi pe cale

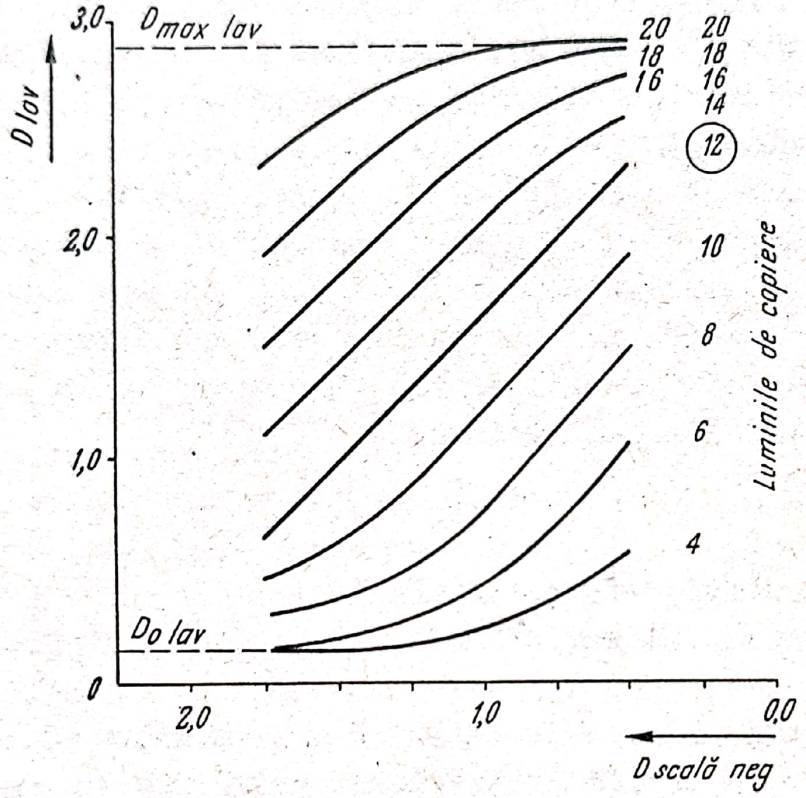



Fig.198. Determinarea obiectivă a $L_{cop}$ a unei lavenzi cu ajutorul scalei gri

subiectivă. Metoda subiectivă dă însă rezultate variabile în funcţie de etalonerul care execută lucrarea şi este folosită numai în laboratoarele care nu au în dotare o aparatură sensitometrică adecvată aplicării metodelor obiective.

Prin metoda subiectivă, determinarea contrastului şi a luminii de copiere a lavenzii şi contratipului se face pe bază de probe cu imagini din negativul ce trebuie contratipat. Probele se execută cu diferite lumini de copiere şi la diferite valori ale factorilor $\gamma$, examinîndu-se rezultatele obţinute vizual şi apreciind astfel parametrii necesari.

Această metodă este folosită în special în cazul contratipării materialelor primare primite din import care au un contrast foarte variat, fiind de cele mai multe ori lipsite şi de scale pentru determinarea parametrilor de contratipare.

La examinarea vizuală a unei lavenzi, contrastul trebuie să fie simţitor mai scăzut decît al unei copii pozitive obişnuite, iar porţiunile cele mai luminoase ale imaginii trebuie să aibă o densitate mai ridicată cu cel puţin o,2-o,3 faţă de densitatea de voal. Din această cauză, lavenzile prezintă o densitate generală mai mare decît copiile pozitive.

La examinarea vizuală a unui contratip, contrastul nu trebuie să apară mai ridicat decît al unui negativ normal din acest punct de vedere, iar porţiunile cele mai întunecoase ale imaginii negative trebuie să fie bine detaşate în cadrul densităţilor mari ale contratipului.

## 7. Prelucrarea chimico-fotografică a lavenzilor şi contratipelor

Prelucrarea chimico-fotografică a lavenzilor şi contratipelor se face în maşini de developat prevăzute cu următoarele faze: revelare, spălare, fixare, spălare finală şi uscare.

Fabricile producătoare recomandă pentru prelucrare revelatori egalizatori, de granulaţie fină şi contrast scăzut. Astfel, pentru peliculele de contratipare alb-negru ORWO se recomandă revelatorul ORWO 19 sau ORWO 12. Compoziţia acestor revelatori este următoarea:

- revelatorul ORWO 19:

| | |
|---|---|
| - metol | 2 g/ℓ |
| - $Na_2 SO_3$ | loo g/ℓ |
| - hidrochinonă | 5 g/ℓ |
| - borax | 2 g/ℓ |
| - pH | 8,8 ± o,1 |

- revelatorul ORWO 12:

| | |
|---|---|
| - metol | 8 g/ℓ |
| - $Na_2 SO_3$ | 125 g/ℓ |
| - $Na_2 CO_3$ | 6 g/ℓ |
| - KBr | 2,5 g/ℓ |
| - pH | 8,8 ± o,1 |

Fabrica Kodak recomandă pentru lavenzile şi contratipele sale cunoscutul revelator Kodak D-76.

Celelalte faze ale prelucrării nu au particularităţi însemnate, iar compoziţia soluţiei de fixare este clasică.

Timpii de revelare normali pentru obţinerea valorilor optime ale coeficienţilor $\gamma$ variază de la un tip de peliculă la altul şi ei sînt cuprinşi în general între 4 şi 8 min.

Temperatura revelării nu trebuie să depăşească 2o°C, pentru a împiedica creşterea efectului de granulaţie.

În afară de condiţiile chimice, un rol deosebit îl au şi condiţiile fizice ale developării lavenzilor şi contratipelor. Pentru aceasta, maşinile trebuie să fie prevăzute cu o agitaţie puternică a revelatorului. Acest lucru este necesar în scopul reducerii efectelor developării direcţionale şi al locurilor adiacente care au un rol deosebit de important pentru asigurarea unei puteri revolvante şi a unei claritäţi de contur satisfăcătoare necesare acestor materiale.

Developarea se face la factorii de contrast $\gamma_{lav}$ şi $\gamma_{ct}$ necesari stabiliţi pe cale sensitometrică, prin alegerea timpilor de developare corespunzători.

## 8. Controlul obiectiv al calităţii contratipării imaginii

Factorii de contrast $\gamma_{lav}$ şi $\gamma_{ct}$ se controlează obiectiv prin sensitograme expuse pe aceeaşi peliculă pe care s-a executat lavanda sau contratipul şi developate împreună

cu acestea. Valorile factorilor $\gamma$ obţinuţi pe aceste sensitograme reprezintă valorile factorilor de contrast ai lavenzii sau contratipul respectiv. Toleranţele admise nu trebuie să depăşească $\pm$ o,lo pentru lavenzi şi $\pm$ o3 pentru contratipe.

Densitatea lavenzilor şi a contratipelor se controlează obiectiv cu ajutorul scalelor gri la sfîrşitul bobinelor de negativ şi care se copiază atît în lavandă cît şi în contratip. Densităţile obţinute pe aceste plaje citite în lavandă şi contratip trebuie să corespundă unor valori etalon.Toleranţele admise pentru densităţile obţinute nu trebuie să depăşească $\pm$ 5 %.

În cazul cînd apar diferenţe de densitate mai mari, se poate determina de unde provine cauza: din copiere sau din developare. Pentru aceasta se analizează densitatea de control Dc de pe sensitograma care s-a developat împreună cu lucrarea respectivă. În cazul cînd şi Dc al acestei sensitograme indică aceeaşi diferenţă faţă de Dc etalon, înseamnă că abaterea a fost determinată în procesul de developare; în caz contrar înseamnă că ea se datoreşte procesului de copiere.

## Capitolul XXI

## CONTRATIPAREA COLOR

### 1. Particularităţile procesului de contratipare a negativelor color

Procesul de contratipare color îndeplineşte acelaşi rol ca şi contratiparea filmelor alb-negru, permiţînd executarea unui număr foarte mare de copii fără deteriorarea negativului original.

Ca şi în cazul contratipării alb-negru, contratiparea color trebuie să asigure redarea corectă a contrastului şi densităţilor negativului. În afară de aceste condiţii însă,

în cazul filmelor color apar anumite cerinţe specifice legate de necesitatea reproducerii cît mai corecte a culorilor în procesul de contratipare.

Imaginea negativă color este o imagine compusă, fiind formată din cele trei imagini parţiale care sînt formate la rîndul lor din cele trei straturi ale peliculei. Din această cauză, în procesul de contratipare color trebuie avut în vedere fiecare din straturi.

Astfel, parametrii de contratipare se urmăresc pe fiecare strat în parte şi ei se stabilesc în aşa fel încît să se asigure în contratip reproducerea fidelă a imaginilor conţinute în straturile negativului.

Urmărirea balansului de culoare şi contrast între cele trei straturi ale peliculelor color în procesul de contratipare, în vederea transmiterii nedistorsionate a imaginii negative în contratip, constituie principala particularitate a procesului de contratipare color faţă de cel alb-negru.

De asemenea, o altă particularitate este şi aceea că în timp ce etalonarea negativelor alb-negru, respectiv fişa lor de lumini, operează numai cu corecţii de densitate, fişa de lumini a negativelor color acţionează şi cu corecţii de culoare. Deci, în scopul obţinerii materialelor intermediare egalizate, copierea negativelor în vederea contratipării se va executa cu fişa lor de lumini. De acest lucru trebuie să se ţină seama atunci cînd se apreciază comparativ imaginea negativului cu cea obţinută în contratip. Aceste două imagini trebuie să fie identice din punctul de vedere al culorii numai la acele planuri care în fişa de lumini nu au primit nici o corecţie de culoare. La planurile care au primit astfel de corecţii, imaginile vor diferi cu atît mai mult cu cît corecţiile aplicate au fost mai mari.

În acest sens, imaginea negativă trebuie considerată global cu corecţia ei respectivă din fişe.

Scanned with OKEN Scanner

## 2. Condiţiile sensitometrice pe care trebuie să le îndeplinească contratipele color

Contratipele color trebuie să îndeplinească următoarele condiţii sensitometrice;

- Factorul de contrast global (mediu al celor trei straturi) să corespundă ca valoare cu valoarea optimă recomandată sau stabilită pentru procedeul respectiv, iar cînd este cazul să corespundă şi cu valoarea lui rezultată din regula Goldberg.

- Valorile parţiale ale coeficienţilor de contrast pe straturi să fie cît mai apropiate între ele (balans de contrast), în cazul ideal aceste valori fiind egale: $\gamma_g = \gamma_p = \gamma_a$.

- Intervalul de densităţi utile ale negativului să fie reprodus în întregime şi plasat pe porţiunea rectilinie a curbei caracteristice a contratipului pentru fiecare strat în parte. Acest lucru are o mare importanţă pentru transferul liniar al imaginii negative în contratip, datorită latitudinilor reduse de expunere a peliculelor color de contratipare.

- Granulaţia şi puterea rezolvantă a imaginii în contratip trebuie să aibă valori acceptabile.

## 3. Clasificarea metodelor de contratipare color

Clasificarea metodelor de contratipare color poate fi făcută după mai multe criterii, dintre care cele mai importante sînt: numărul de faze în urma cărora se obţine contratipul color şi felul peliculelor intermediare folosite.

După numărul de faze se desprind două categorii principale: metodele **reversibile**, cu care prin copiere după negativul original se obţine direct contratipul într-o singură fază pe calea developării lui reversibile, şi metodele **cu pozitive intermediare**, care conţin două faze distincte, din care prima constă în obţinerea unui interpozitiv, iar a doua în obţinerea contratipului.

În acest caz, interpozitivul îndeplineşte acelaşi rol ca şi lavanda în cazul contratipării alb-negru.

După felul peliculelor folosite, clasificarea se poate face în metode care folosesc în exclusivitate numai pelicule color, reversibile, interpozitive sau internegative şi metode care folosesc pentru faza intermediară pelicule alb-negru, iar pentru faza finală (contratipul) pelicule color.

Cele mai utilizate metode în laboratoarele de prelucrare a peliculei sînt următoarele: metoda reversibilă, metoda cu interpozitiv color şi internegativ color, şi metoda cu trei interpozitive alb-negru (selectate pe ficare strat) şi internegativ color.

## 4. Procedeul reversibil de contratipare color

Procedeul reversibil de contratipare color constă în copierea negativului color pe o peliculă specială de asemenea color şi developarea ei reversibilă. În acest fel se obţine plecînd de la negativul original direct un dublu-negativ (contratip). În figura 199 este dată schema acestui procedeu.

Pentru contratiparea color reversibilă se fabrică pelicule speciale denumite dup-negative color reversibile. Tipul cel mai reprezentativ din această categorie este în prezent pelicula ORWO DC-2.

Aceasta este o peliculă cu trei straturi sensibile la culorile fundamentale indigo, verde şi roşu. Ele conţin componenţi de culoare care, după developare, trec în culorile complementare culorii cu care au fost impresionate; structura lor cît şi ordinea în care sînt dispuse straturile sînt asemănătoare peliculelor negative color obişnuite.

Pentru remedierea efectului absorbţiei parazitare a colorantului purpuriu în zona indigo a spectrului, pelicula este prevăzută cu o mască înglobată, care compensează automat acest efect, îmbunătăţind astfel simţitor redarea culorilor.

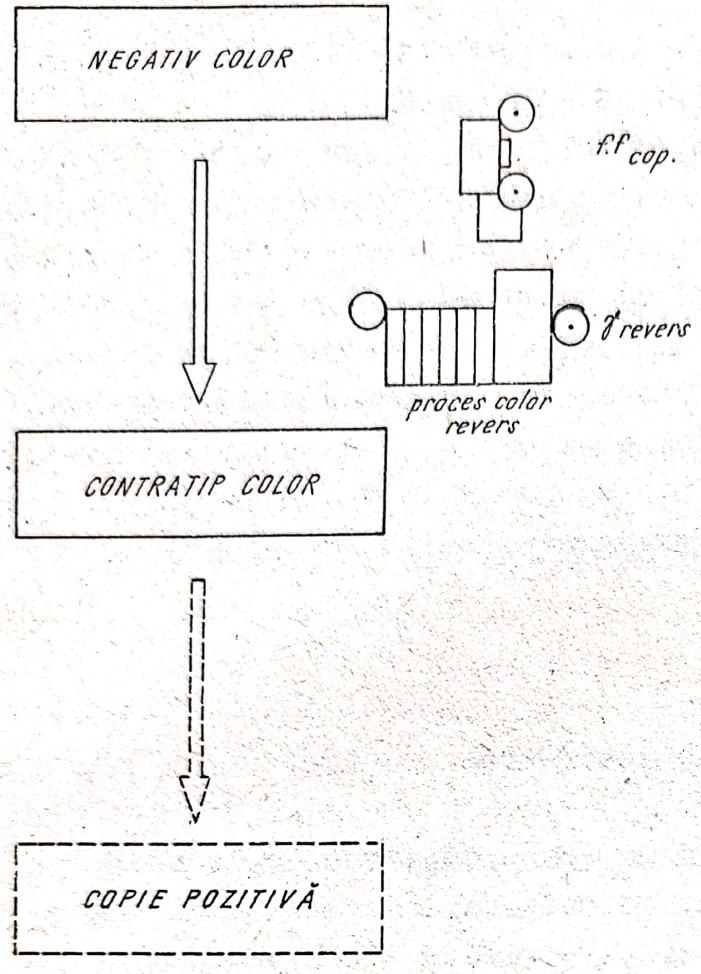



Fig.199. Schema procedeului reversibil de contratipare color.

Această mască se realizează prin folosirea în stratul al doilea a unui component de culoare colorat în galben. În măsura în care în urma developării în acest strat componentul de culoare este trecut în colorant purpuriu, în aceeaşi măsură şi densitatea de culoare galbenă scade.

O dată cu mărirea densităţii de colorant purpuriu creşte şi valoarea absorbţiei sale parazitare în zona indigo a spectrului. Cele două efecte sînt inverse şi proporţionale şi de aceea se compensează reciproc, dînd loc la fenomenul de mascare automată a efectului absorbţiei parazitare (fig. 200).

Densitatea galbenă rezultată în urma mascării este constantă şi independentă de valorile densităţilor de colorant purpuriu dezvoltate. De aceea, ea se manifestă ca o dominantă de culoare şi se compensează prin filtre de corecţie corespunzătoare în forfiltrul de copiere.

În figura 201 sînt date curbele caracteristice ale peliculei reversibile color de contratipare ORWOCOLOR DC-2.

Procesul de prelucrare, fazele lui cît şi reţetele soluţiilor au fost arătate la capitolul în care s-au tratat procesele reversibile.

Trebuie menţionată însă o particularitate foarte importantă a acestui proces. În cazul copierii prin contact (cea

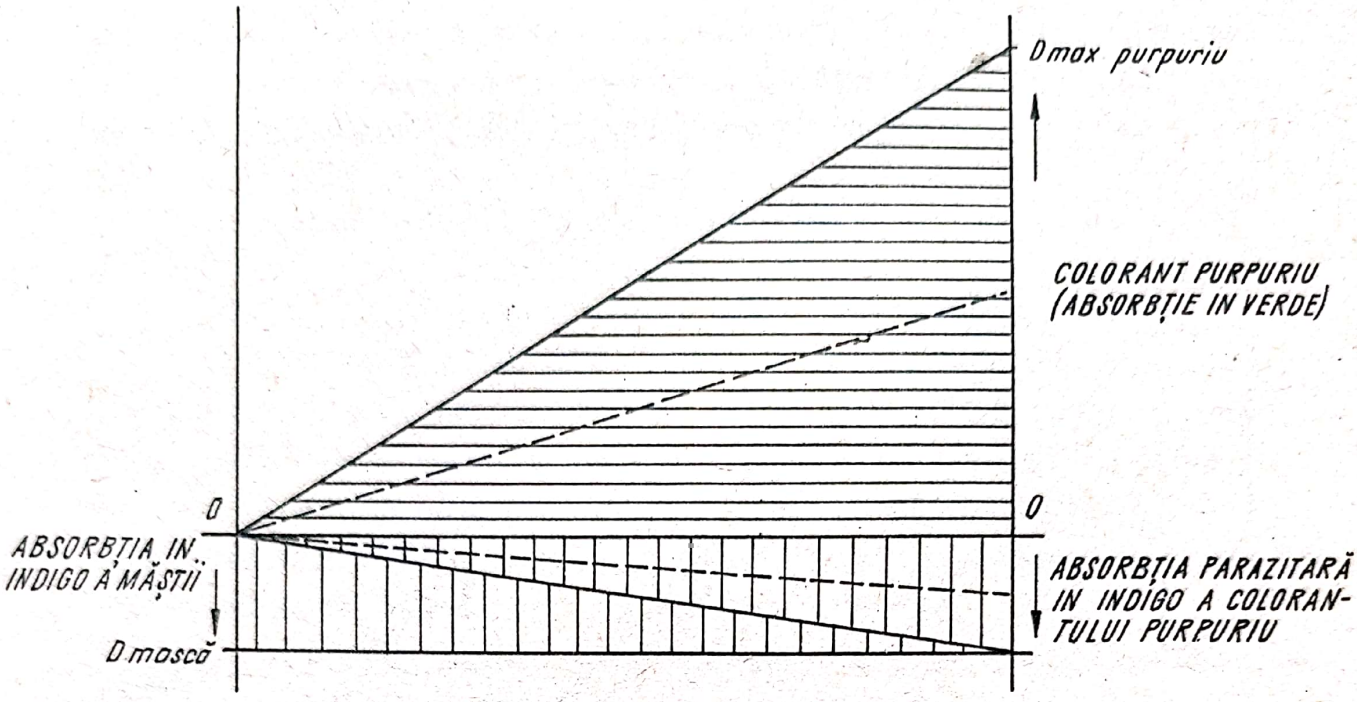



Fig.2oo. Compensarea efectului absorbţiei parazitare a colorantului purpuriu prin mascarea automată înglobată.

mai utilizată de altfel), din cauza reversării imaginii pe aceeaşi peliculă, are loc o inversare a acesteia pe axa stînga-dreapta.

Pentru evitarea acestui neajuns există două posibilităţi:

- fie că operaţia de copiere negativ-contratip reversibil nu se face normal, emulsie la emulsie, ci prin suportul negativului;

- fie că se foloseşte o copiere optică, ceea ce presupune existenţa în dotare a unei asemenea maşini de copiat.

În ambele cazuri există inconveniente mari. În primul caz, claritatea imaginii copiate lasă mult de dorit, iar în al doilea, toate defecţiunile cît de neînsemnate ale suprafeţelor negativului (frecături, zgîrieturi fine, urme de praf etc.)se transmit prin copierea contratipului.

Realizarea practică a contratipelor color reversibile se face prin copierea lor după negative, folosind pentru aceasta fişa de lumini a negativului şi un forfiltru care determină

lumina de copiere şi corecţia de culoare necesare pentru turnarea respectivă de peliculă de contratipare.

Copierea se face în cele mai multe laboratoare prin contact.

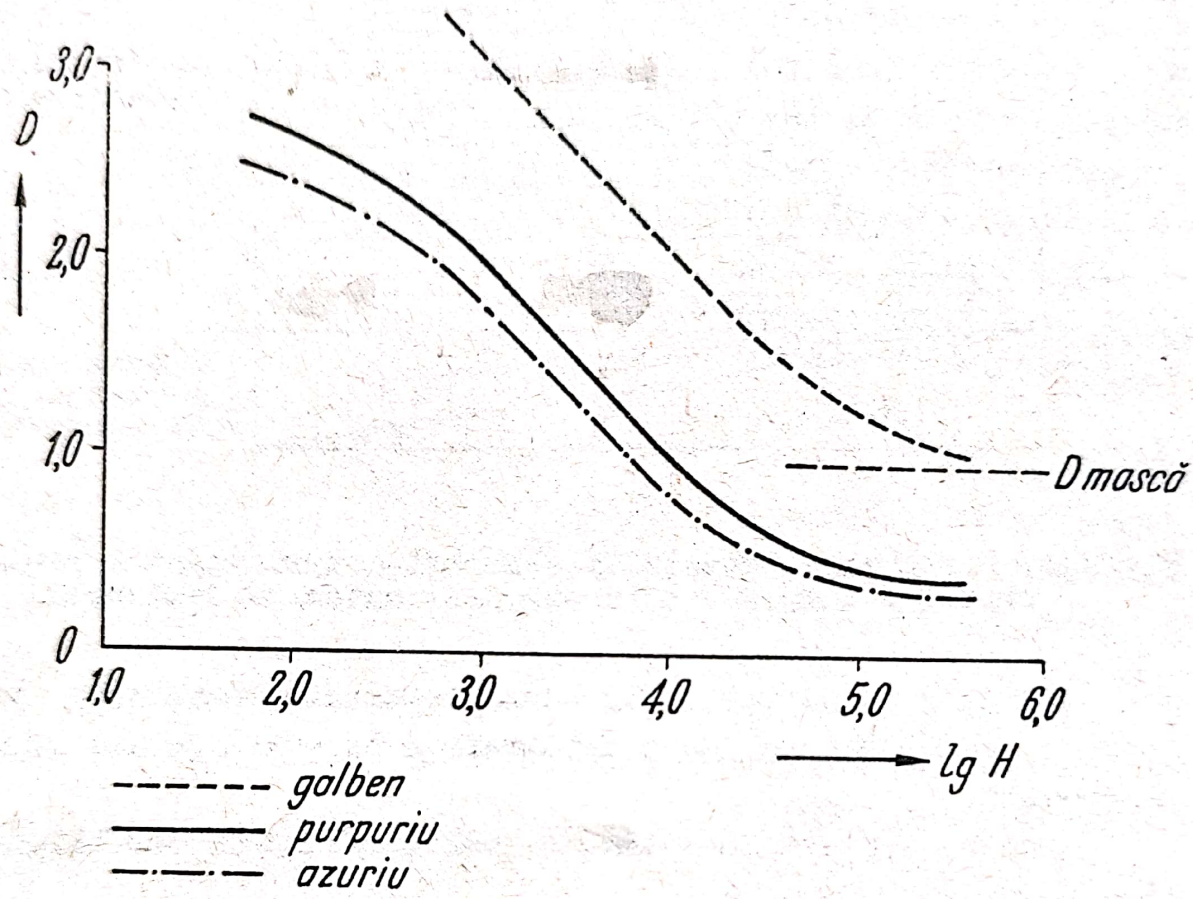



Fig.201. Curbele caracteristice ale peliculei reversibile pentru contratipare ORWOCOLOR DC 2.

Procedeul de corecţie la copiere poate să fie ori substractiv, ori aditiv.

Developarea lor se face pe maşini de developat prevăzute cu toate fazele procesului reversibil, după cum s-a arătat în capitolul în care s-a vorbit despre tehnologia acestuia.

Avantajele procedeului reversibil de contratipare color sînt următoarele:

- procedeul este compus dintr-o singură etapă, are loc o singură operaţie de copiere şi developare, timpul de realizare a unui contratip fiind mai redus decît în cazul altor procedee;

- datorită faptului că foloseşte numai o singură peliculă, costul unei contratipări este mult mai redus decît prin alte procedee;

- executîndu-se o singură copiere, se asigură o bună stabilitate a imaginii în cadru.

Dezavantajele procesului sînt următoarele:

- procesul reversibil de developare este un proces foarte complex, greu de controlat, şi de aceea obţinerea parametrilor optimi şi a constanţei lor întîmpină mari greutăţi;

- tot din această cauză, balansul optim de culoare dintre straturi este dificil de realizat şi de aceea, în multe cazuri, redarea culorilor este distorsionată;

- copierea suport-emulsie duce la o scădere mare a claritătii imaginii contratipate.

Cu toate avantajele enumerate, datorită inconvenientelor arătate mai sus metoda de contratipare reversibilă este folosită din ce în ce mai puţin.

## 5. Procedeul de contratipare prin interpozitive color

Acest procedeu constă din două etape. În prima etapă se execută după negativul original un interpozitiv color pe o peliculă color specială cu trei straturi. În etapa a doua, după acest interpozitiv se execută un internegativ color ( contratipul). Procedeul este reprezentat schematic în figura 2o2 şi este analog cu cel folosit în contratiparea alb-negru.

Interpozitivul color îndeplineşte rolul lavenzii, iar internegativul color este însuşi contratipul.

Acest procedeu a fost pus la punct de către firma Kodak, care a reuşit să realizeze o peliculă corespunzătoare pentru acest scop, respectiv pelicula Eastman color Intermediate.Pelicula este una şi aceeaşi, atît pentru executarea interpozitivului cît şi pentru internegativ. În figura 2o3 sînt date curbele caracteristice ale acestei pelicule. Caracteristicile

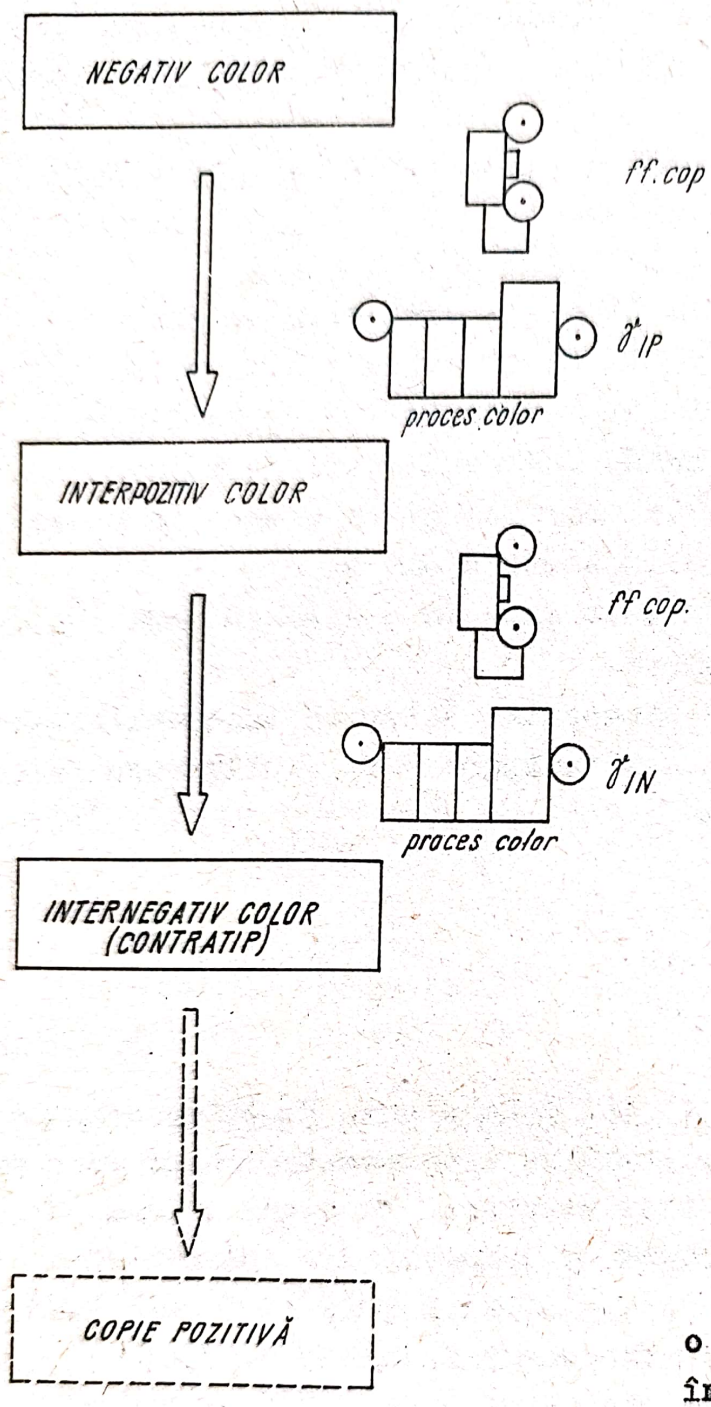



Fig.2o2. Schema procedeului de contratipare color cu ajutorul interpozitivelor color.

ei cele mai importante sînt: un bun balans al contrastului între straturi, latitudine fotografică mare, granulaţie fină şi putere rezolvantă ridicată etc.

Pentru reuşita acestui procedeu, calitatea peliculei are un rol hotărîtor.

Pelicula Inter - mediate Eastman color este de asemenea prevăzută cu măşti încorporate în straturi (stratul purpuriu şi azuriu), în vederea corectării automate a distorsiunilor de culoare datorită absorbţiilor parazitare ale coloranţilor acestor două straturi.

De asemenea, pe partea dorsală are un strat antihalo negru, cu o acţiune foarte eficace împotriva difuziei de lumină în straturi, în vederea obţinerii valorii ridicate a puterii rezolvante.

Contrastul optim de prelucrare are aceeaşi valoare şi pentru interpozitive, şi pentru negative, avînd valoarea $\gamma = 1$. În această situaţie, regula lui Goldberg este satisfăcută ( $\gamma$ IP. $\gamma$ IN = 1).

Sensibilizarea spectrală a straturilor, culoarea ce se dezvoltă în fiecare din ele, precum şi ordinea lor sînt cele clasice întîlnite la peliculele color.

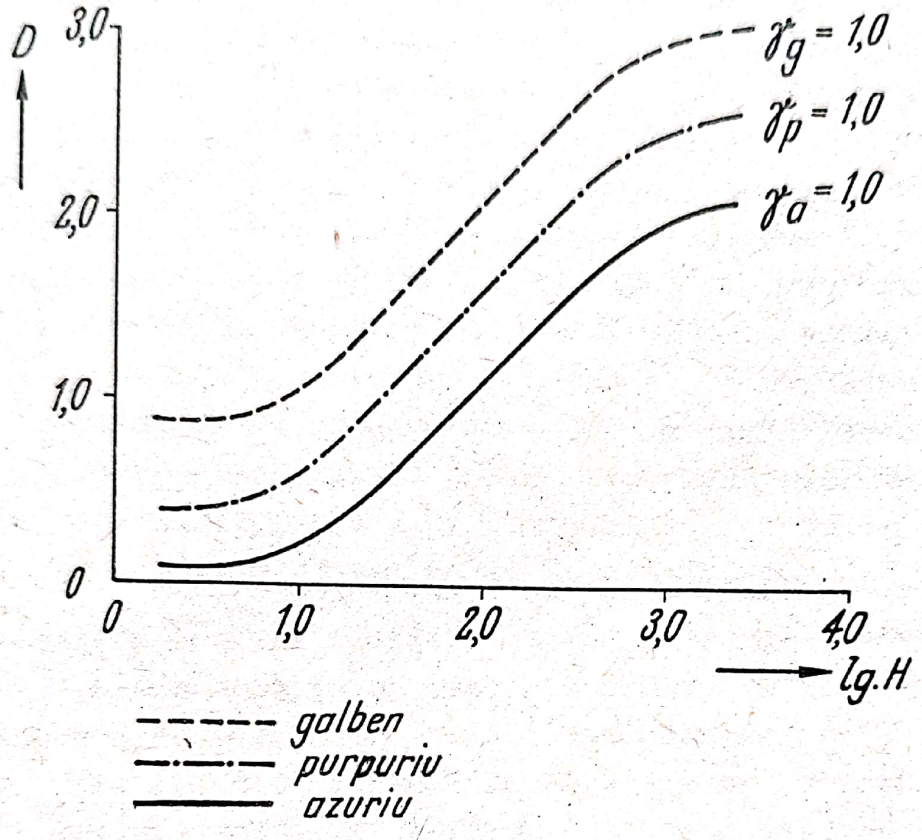



**Fig.203. Curbele caracteristice ale peliculei de contratipare color Eastman color Interme - diate tip 5253.**

Copierea interpozitivelor şi internegativelor coler se face pe maşini de copiat cu grifă pentru asigurarea unei bune stabilităţi a imaginii, în fiecare etapă emulsie la emulsie, ceea ce înlătură marele inconvenient al procedeului reversibil.

Procesul de corecţie la copiere poate fi substractiv sau aditiv.

Developarea lor se face pe maşini de developat prevăzute cu toate fazele procesului. În timpul developării trebuie dată toată atenţia unei bune circulaţii a soluţiilor în vederea reducerii la minimum a efectelor defavorabile clarităţii datorită developării direcţionale, a locurilor adiacente etc.

Procesul de developare a peliculelor Eastman color Intermediate este următorul:

| | |
|---|---|
| - prebaie | 1o s |
| - spălare duş | 1o - 2o s |
| - developare | 6 - 9 min |
| - spălare duş | 1o - 2o s |
| - stop fixaj | 4 min |
| - spălare | 4 min |
| - înălbire | 8 min |
| - spălare | 4 min |
| - fixare | 4 min |
| - spălare | 7 min |
| - stabilizare | 1 min |
| - spălare duş | 1 - 5 s |
| - uscare | 15 - 2o min |

Temperatura proceselor este de 21°C.

Prebaia are rolul de a îndepărta stratul antihalo. Ea este o soluţie de sulfat de sodiu în mediu alcalin.

Revelatorul este realizat pe bază de CD-3, ca substanţă revelatoare, şi are aceeaşi compoziţie ca şi cel pentru negative Eastamn color. Se remarcă durata mai scurtă a timpului de revelare la peliculele Intermediate.

Prima fixare cît şi cea de-a doua se fac în fixatori de aceeaşi compoziţie, avînd un puternic caracter acid şi tanant.

Înălbitorul este pe bază de fericianură de potasiu, ca şi cel pentru negativele Eastman color.

Avantajele procedeului de contratipare cu ajutorul interpozitivelor color sînt următoarele:

- redarea culorilor se obţine în condiţii mult mai bune, fiecare etapă a procesului putînd fi controlată şi reglată separat. Din această cauză, balansul de contrast este mai bun, iar redarea corectă a culorilor favorizată;

- o dată obţinut un interpozitiv color, după el se pot copia multe internegative pentru diferite necesităţi, executarea tirajului, pentru export etc., fără a mai fi necesară folosirea negativului;

Scanned with OKEN Scanner

- prin copierea emulsiei la emulsie şi prin caracteristicile superioare ale peliculelor Eastman color Intermediate, claritatea obţinută în contratipele executate prin acest procedeu este mult mai bună decît în cazul procedeului reversibil.

Dezavantajele procedeului sînt următoarele:

- costul unui contratip revine aproape la dublu datorită folosirii a două pelicule. Acest lucru este însă în bună parte compensat de aceea că după interpozitivul o dată obţinut se pot executa un număr foarte mare de contratipe;

- durata executării unui contratip este mai mare decît în cazul procedeului reversibil, datorită celor două etape distincte;

- datorită folosirii a două pelicule (interpozitiv şi internegativ)copiate una după alta, efectul de granulaţie este întrucîtva mai ridicat.

Cu toate aceste dezavantaje, avantajele acestei metode sînt mult mai însemnate şi de aceea aplicarea ei se extinde din ce în ce mai mult.

## 6. Procedeul de contratipare color prin interpozitive alb-negru

Acest procedeu constă din două etape. În prima se execută după negativul original trei interpozitive parţiale pe peliculă alb-negru. Aceste interpozitive se copiază fiecare prin cîte un filtru indigo, verde şi roşu, obţinîndu-se astfel trei selecţii de culoare pentru cele trei zone fundamentale ale spectrului. Din negativul color, imaginea indigo va fi extrasă separat pe un interpozitiv, cea verde pe al doilea interpozitiv, iar cea roşie pe cel de-al treilea.

Aceste interpozitive sînt pelicule alb-negru şi se prelucrează ca atare, cele trei imagini colorate extrase din negativ fiind reprezentate prin imagini gri argentice.

În etapa a doua se copiază pe rînd aceste trei interpozitive parţiale pe o singură peliculă color cu trei straturi,

care după developarea ei color va reprezenta contratipul respectiv. La copierea fiecărui interpozitiv pe pelicula color se foloseşte filtrul de selecţie respectiv, după culoarea imaginii pe care o conţine. În figura 2o4 este dată schema acestui procedeu.

Pentru obţinerea interpozitivelor alb-negru parţiale se foloseşte o peliculă specială alb-negru. Aceasta trebuie să aibă în primul rînd o sensibilizare pancromatică (la toate zonele spectrului) pentru a putea fi impresionată prin fiecare din cele trei filtre indigo, verde şi roşu. De asemenea trebuie să aibă o latitudine de expunere mare, granulaţie foarte fină, precum şi o bună putere rezolvantă.

O asemenea peliculă este de exemplu pelicula Eastman Pancromatic Separation Film tip 5235, a cărei curbă caracteristică este redată în figura 2o5.

Copierea se face pe maşini de copiat speciale care trebuie să asigure o stabilitate şi suprapunere perfectă a celor trei imagini parţiale în contratip.

Copierea se face în ambele etape, emulsie la emulsie.

Luminile de copiere pentru fiecare din cele trei interpozitive parţiale ce se copiază după negativ ca şi atunci cînd fiecare din ele se copiază pe contratip trebuie astfel determinate încît să asigure realizarea balansului optim de culoare.

Acest lucru este mult mai uşor de realizat prin această metodă şi constituie unul din avantajele ei.

Developarea interpozitivelor parţiale se face în revelator cu granulaţie fină, de tipul D-76 la un factor de contrast $\gamma = 1,0$. În unele cazuri cînd se doreşte modificarea contrastului imaginii din negativ, acest coeficient poate avea valori mai mari sau mai mici. De asemenea, prin unele diferenţe bine determinate între valorile $\gamma_I$, $\gamma_V$ şi $\gamma_R$ se pot corecta într-o oarecare măsură debalansările de contrast ale negativului.

Maşina de developat trebuie să aibă o bună agitaţie a revelatorului. De asemenea, mecanismul de transport a pelicu-

lei în maşină trebuie să fie în perfectă stare, pentru a nu determina deformări ale perforaţiilor care ar face ulterior imposibilă suprapunerea riguroasă a imaginilor parţiale.

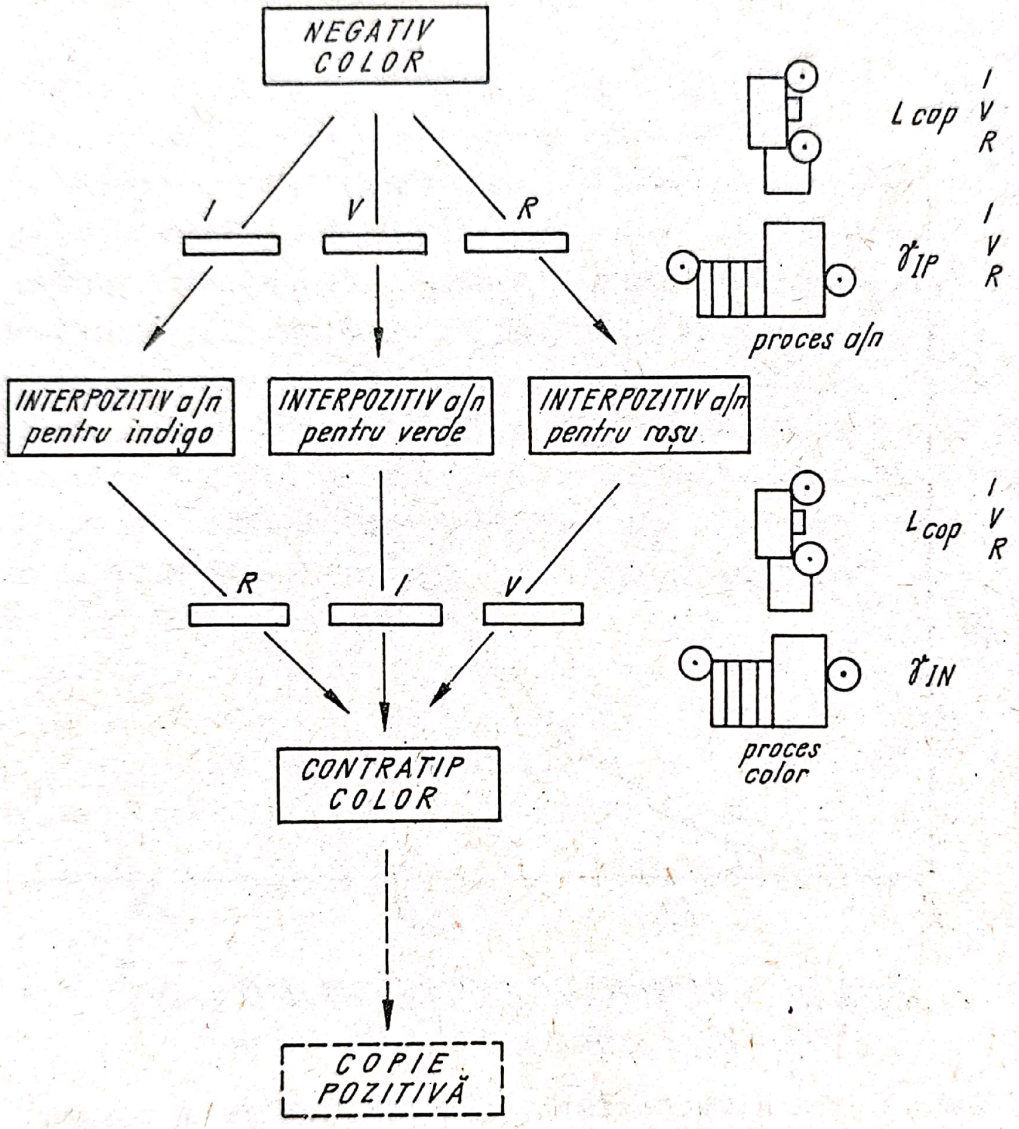



Fig.2o4. Schema procedeului de contratipare color cu ajutorul interpozitivelor de selecţie alb-negru.

Pentru obţinerea contratipului după cele trei interpozitive parţiale se foloseşte pelicula Eastman color Intermediate descrisă mai înainte.

Prelucrarea ei se face în aceleaşi condiţii care s-au arătat, la factorul de contrast $\gamma = 1$.

Avantajele acestui procedeu de contratipare color sînt următoarele:

- redarea culorilor se face în condiţii foarte bune. Datorită copierii şi developării separate a celor trei imagini

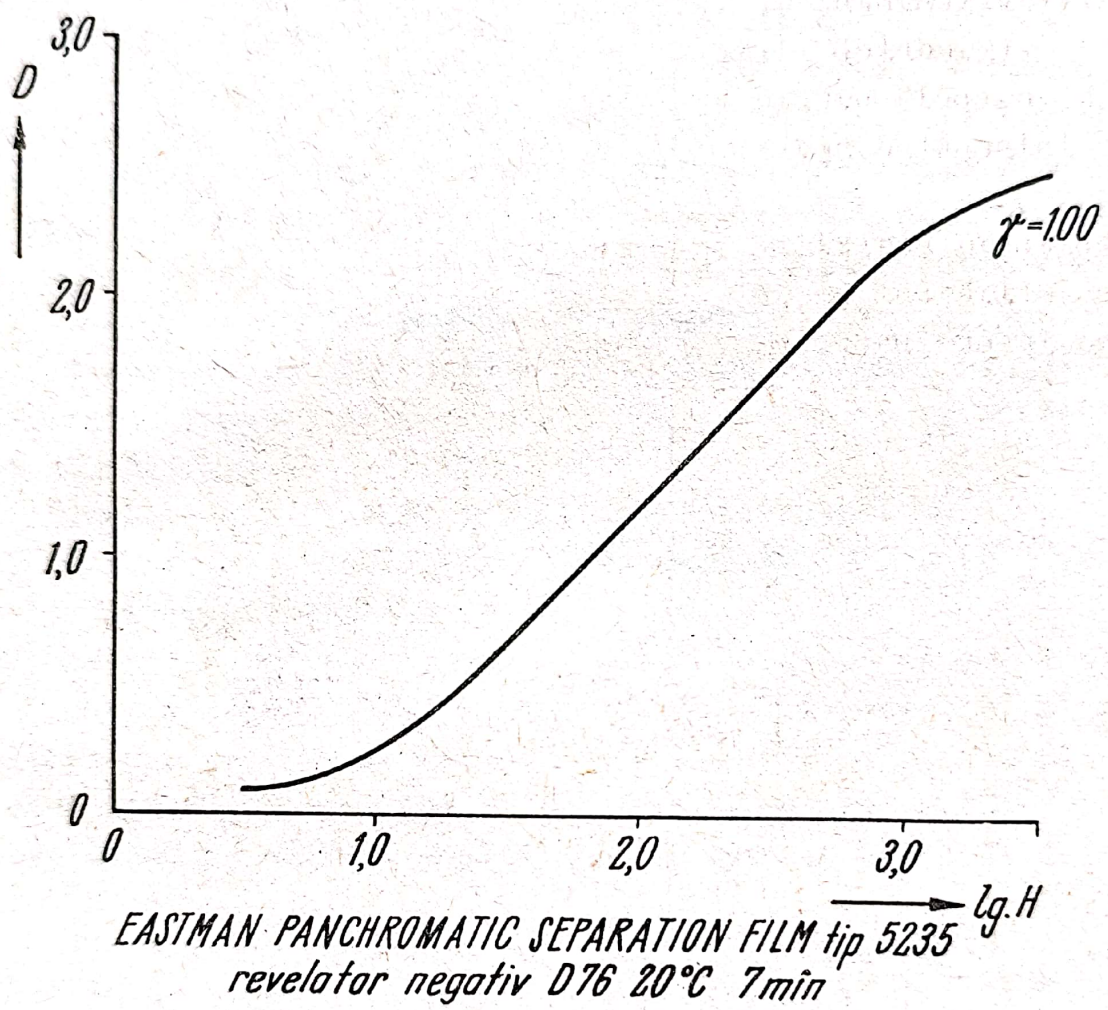



Fig.205. Curba caracteristică a unei pelicule pentru interpozitive parţiale de selecţie alb-negru.

parţiale, balansul de contrast şi de culoare în întregul proces poate fi uşor şi precis controlat şi reglat;

- granulaţia şi puterea rezolvantă (în cazul folosirii unor maşini de copiat corespunzătoare) sînt mult mai bune decît celelalte procedee;

- datorită existenţei celor trei interpozitive alb-negru de selecţie argentice, coloritul iniţial al unui film poate fi

păstrat foarte mult timp; se ştie că peliculele color (negative, contratipe, pozitive etc.) în decursul timpului îşi pierd simţitor din concentraţia coloranţilor.

Dezavantajele principale ale procedeului sînt următoarele:

- reclamă maşini de copiat foarte precise în ceea ce priveşte reperajul în fereastra de copiere;
- maşinile de developat nu trebuie să afecteze de loc starea perforaţiilor interpozitivelor;
- durata necesară realizării unui contratip prin acest procedeu este mai lungă decît în celelalte cazuri;
- operaţiile de stabilire a parametrilor de copiere şi developare, cu toate că sînt mai simple şi mai precise decît la celelalte metode, sînt foarte laborioase, datorită faptului că trebuie făcute pentru toate cele trei interpozitive parţiale, atît la executarea lor după negativ cît şi la executarea contratipului după ele.

Datorită cerinţei de utilaje foarte precise, metoda nu a luat o largă răspîndire; ea prezintă însă un interes deosebit în ceea ce priveşte posibilitatea pe care o oferă de a păstra în decursul timpului coloritul iniţial al filmelor color.

## 7. Metodele sensitometrice obiective de determinare a parametrilor şi de control la contratiparea color

Parametrii de executare a contratipelor color sînt factorii de contrast de developare şi corecţiile de culoare şi densitate a forfiltrelor de copiere.

Aceşti parametri se stabilesc şi se controlează riguros în fiecare etapă, interpozitiv şi internegativ în cazul procedeelor cu două etape; în cazul procedeului reversibil, ei se stabilesc şi se controlează global.

Valorile absolute ale factorilor de contrast optimi necesari în procesul de contratipare color se stabilesc în con-

formitate cu recomandările fabricii producătoare pentru pelicula şi procedeul respectiv. Pentru procedeul reversibil, aceştia au valori cuprinse în general între o,85 şi 1,oo. Pentru procedeele cu interpozitive color sau alb-negru de selecţie, valorile optime ale factorilor de contrast sînt egale cu 1,oo pentru fiecare etapă (interpozitiv şi internegativ). În acest fel, produsul $\gamma$ IP. $\gamma$ IN = 1 (regula Goldberg).

Factorii de contrast se consideră pentru fiecare strat în parte, urmărindu-se întotdeauna realizarea balansului optim al lor: $\gamma_g = \gamma_p = \gamma_a$.

Determinarea condiţiilor pentru realizarea practică a acestor parametri, precum şi controlul lor la lucrările executate se fac pe cale sensitometrică cu ajutorul sensitogramelor.

La procesele alb-negru în general şi respectiv la executarea interpozitivelor de selecţie alb-negru în cazul contratipării color prin acest procedeu, reglarea factorilor de contrast se face destul de uşor pe calea modificării în sensul necesar a timpului de revelare. În acest din urmă caz,realizarea unui balans optim de contrast între cele trei interpozitive parţiale este uşor de obţinut.

La procesele color în general şi respectiv la executarea contratipelor color reversibile,a interpozitivelor şi internegativelor color,modificarea valorilor factorilor de contrast cît şi balansul lor mai ales nu se mai poate face în limite largi pe seama modificării duratei timpului de revelare.Aceşti parametri depind mai mult de compoziţia soluţiilor de prelucrare şi de condiţiile fizice ale procesului şi realizarea lor trebuie asigurată pe această cale.

Controlul factorilor de contrast la care s-a executat o lucrare sau alta se face pe calea developării împreună cu aceasta a unei sensitograme expusă pe aceeaşi peliculă şi măsurarea pe curbele ei caracteristice a acestor parametri per strat.

Valorile luminii de copiere şi ale corecţiilor de culoare (forfiltrul)pentru copiere se stabilesc atît pentru interpozitive cît şi pentru contratipe pe calea copierii unor probe cu diferite forfiltre după o scală gri ataşată la negativ.

Scanned with OKEN Scanner

După developarea probelor se citesc densităţile obţinute în fiecare strat pentru fiecare plaje a scalei şi forfiltru de copiere. Valorile obţinute se compară cu anumite valori etalon şi se consideră ca forfiltru de copiere pentru lucrarea respectivă acel forfiltru care la efectuarea probelor a determinat obţinerea unor densităţi în scală cît mai apropiate de valorile etalon.

Pe această cale se urmăreşte realizarea balansului optim de culoare între straturi, cît şi plasarea corectă a imaginii în fiecare strat pe porţiunea rectilinie a curbei caracteristice.

Aceste scale se copiază şi la sfîrşitul fiecărei bobine a lucrărilor ce se execută. Prin citirea densităţilor obţinute se controlează constanţa procesului pe parcursul întregului film, realizarea densităţilor optime necesare pe fiecare strat, precum şi balansul lor de culoare.

## Capitolul XXII

## SUBTITRAREA FILMELOR

### 1. Generalităţi

a. Scopul subtitrării filmelor. În urma schimburilor internaţionale de filme apare de cele mai multe ori situaţia în care spectatorii cărora li se prezintă un film străin să nu cunoască limba în care acesta este vorbit. Pentru rezolvarea acestei probleme se practică întotdeauna traducerea filmului în limba vorbită în ţara în care se face difuzarea lui.

Această traducere poate fi aplicată practic prin următoarele metode:

- traducerea directă a dialogului vorbit în timpul proiecţiei, folosind o cabină specială pentru traducător şi o instalaţie de amplificare adecvată;

- dublarea filmului care constă în traducerea, interpretarea sincronă şi înregistrarea unei noi benzi de sunet pentru întregul film, cu care se execută apoi copiile de tiraj ale lui;

- subtitrarea , care constă în înscrierea, pe partea de jos a cadrului, a textului tradus al dialogului pe măsura desfăşurării lui.

Dintre aceste metode, prima este foarte rar folosită şi numai în cazul unor vizionări speciale care au loc o singură dată, ca: festivaluri, prezentări, vizionări de documentare etc.

Cea de-a doua metodă, metoda dublajului, este cea mai indicată, întrucît ea rezolvă integral necesitatea transmiterii cît mai fidele a conţinutului întregului dialog cît şi a nuanţelor interpretative.Dezavantajul ei constă însă în aceea că este foarte laborioasă şi costisitoare.De aceea,ea se aplică în acele ţări unde numărul de copii difuzate ale unui film este destul de ridicat(4o-5o de copii),pentru a justifica cheltuielile de dublare.

Metoda a treia, substitrarea, îndeplineşte satisfăcător necesitatea transmiterii dialogului ce se desfăşoară în film; în acelaşi timp, ea are avantajul că aplicarea ei este mult mai puţin costisitoare decît cea reclamată de dublaj.

De aceea, această metodă se aplică aproape în exclusivitate în ţările mai mici, în care difuzarea filmelor se face cu un număr redus de copii, prezentînd de aceea şi pentru noi un interes deosebit. În cele ce urmează ne vom referi numai la această metodă.

b. <u>Clasificarea metodelor de subtitrare.</u> După cum s-a amintit, subtitrarea constă în apariţia pe ecran în timpul proiecţiei, în partea inferioară a fotogramei, a unui text scris (de obicei litere transparente pe fondul imaginii), reprezentînd traducerea mai mult sau mai puţin completă a replicilor rostite de personajele filmului.

Pentru aceasta, textul respectiv se imprimă sub o formă sau alta pe fotogramele copiei.

Subtitrarea filmelor se poate realiza prin trei procedee:

- procedeul mecanic;
- procedeul chimic;
- procedeul foto-optic.

Procedeul mecanic sau ştanţarea constă în imprimarea mecanică a textului prin intermediul unui clişeu metalic în stratul de emulsie al copiei.

Procedeul chimic constă în dizolvarea densităţilor imaginii în dreptul literelor textului. El se realizează pe calea acoperirii suprafeţei emulsiei copiei cu un strat protector de ceară sau parafină în care se imprimă apoi textul de asemenea prin intermediul unui clişeu metalic; în dreptul literelor, stratul protector este astfel îndepărtat. După aceasta, copia este trecută printr-o soluţie care îndepărtează argintul metalic în locurile unde suprafaţa emulsiei a rămas neprotejată (literele textului).

Procedeul foto-optic constă în înregistrarea fotografică a textului în procesul de copiere. Aceasta se poate realiza fie în contratip , şi atunci toate copiile ce se vor executa după el vor fi în mod automat subtitrate , fie în copia pozitivă, în acest caz copierea textelor trebuind să fie făcută la executarea fiecărei copii.

Dintre aceste procedee, pentru noi prezintă importanţă fiind larg aplicate procedeul de ştanţare mecanică şi cel de subtitrare foto-optică.

## 2. Procedeul de ştanţare a titlurilor

a. Principiul ştanţării titlurilor. Pentru ştanţarea titlurilor pe copiile unui film sînt necesare mai întîi o serie de operaţii premergătoare.

Acestea constau în traducerea dialogurilor, în rezumarea lor în texte prescurtate, în scrierea acestor texte într-o listă de titluri pe bobine, precum şi în însemnarea pe

o copie a locului şi numărului de fotograme pe care se va imprima fiecare text (operaţia de punctaj). Aceste lucrări sînt specifice subtitrării filmelor în general şi ele se execută indiferent de metoda ce se va folosi după aceea pentru imprimarea textelor pe copii.

Principiul procedeului de ştanţare mecanică constă în executarea după lista de titluri a unor clişee metalice, pe cale zincografică, de dimensiuni corespunzătoare fotogramei cinematografice şi care conţin textele ce urmează a fi imprimate pe copii; apoi cu aceste clişee se execută imprimarea (ştanţarea)textelor în locul şi pe numărul de fotograme necesar conform însemnărilor de punctaj. Imprimarea se realizează într-o maşină specială denumită m a ş i n ă d e ş t a n ţ a t.

Ştanţarea se execută pe suprafaţa cu emulsie a peliculei şi ea trebuie astfel realizată ca în locul literelor, emulsia să fie complet îndepărtată, rămînînd numai suportul perfect transparent.

În prealabil se foloseşte o îmbibare a emulsiei cu o soluţie de formol, iar clişeul metalic se încălzeşte la o temperatură de 5o-6o°C.

b. <u>Maşina de ştanţat şi tehnologia ştanţării titlurilor</u>. Aceasta este compusă dintr-un sistem de transport al peliculei, un dispozitiv de îmbibare a emulsiei, un locaş pentru clişeu şi un sistem de presare pentru imprimarea textului acestuia în emulsie.

Sistemul de transport este compus dintr-un ax debitor şi unul receptor, pe care se fixează miezurile bobinei debitoare şi ale celei receptoare.

Acţionarea lor se face prin intermediul unor fracţii. Pe traseul dintre cele două axe acţionează un mecanism care realizează transportul propriu-zis al peliculei. Acesta se face sacadat, din 4 în 4 perforaţii (fotogramă în fotogramă), între o mişcare şi alta rămînînd un timp de pauză. În acest timp are loc ştanţarea textului. Înainte de a ajunge în dispozitivul de ştanţare, pelicula trece printre nişte tampoane de pluş îmbibate cu o soluţie de formol.

Scanned with OKEN Scanner

Locaşul în care se fixează clişeele este încălzit cu ajutorul unei rezistenţe electrice, asigurînd imprimarea textului prin topirea gelatinei de către literele metalice încălzite. Reglarea temperaturii de încălzire trebuie realizată astfel încît aceasta să asigure topirea gelatinei fără însă a deteriora suportul peliculei.

În momentul ştanţării, presarea peliculei peste clişeul metalic este asigurată printr-un dispozitiv acţionat de o camă excentrică acţionată automat de sistemul de deplasare a peliculei prin maşină.

După ştanţarea textului, pelicula este uscată cu ajutorul unui curent de aer cald produs de un ventilator, apoi se înfăşoară pe bobina receptoare.

Maşinile de ştanţat trebuie să îndeplinească operaţia de imprimare a textelor în condiţiile unui reperaj foarte riguros al fotogramei faţă de clişeul cu text, aceasta fiind cerinţa cea mai importantă a acestor maşini. În caz contrar, textul imprimat şi proiectat pe ecran îşi schimbă poziţia de la o fotogramă la alta, devine tremurat şi citirea lui este dificilă şi obositoare.

Copiile de film subtitrate prin ştanţare prezintă discontinuităţi ale stratului de emulsie şi, din această cauză, ele sînt mai mult expuse degradării.

Totodată, procedeul este relativ costisitor şi cu o productivitate redusă. De aceea, el este folosit din ce în ce mai puţin, fiind înlocuit de procedeul de subtitrare fotografică.

### 3. Procedeul de subtitrare foto-optică

a. <u>Principii.</u> Procedeul de subtitrare foto-optică constă în copierea pe cale optică a textelor necesare pe aceeaşi peliculă cu imaginea. Pentru aceasta, copierea se execută pe maşini speciale, cu mers sacadat şi care au prevăzut un sistem optic prin care concomitent cu copierea imaginii în fereastra de copiere se proiectează şi textul necesar.

Proiecţia se face pe o peliculă specială, pe care s-au înregistrat în prealabil fotografic textele respective, denumită şi b a n d ă d e t i t l u r i.

Fotografierea textelor pe banda de titluri se face în ordinea apariţiei lor pe ecran după lista de punctaj. Fiecare text se înregistrează în banda de titluri pe cîte o fotogramă, iar pentru porţiunile unde nu există text se lasă cîte o fotogramă transparentă.

Concomitent cu realizarea benzii de titluri se confecţionează şi o bandă-pilot pentru comanda schimbărilor de titluri (transportul benzii de titluri) în timpul copierii. Aceasta este formată dintr-o peliculă transparentă sau opacă, pe care se practică într-un dispozitiv special nişte perforări (decupaje) la distanţe bine determinate. În funcţie de aceste distanţe au loc apariţia şi dispariţia textului.

La copiere, pilotul se încarcă într-un dispozitiv special cu care este prevăzută maşina de copiat şi comandă schimbările benzii de titluri.

Copierea textelor se poate face fie direct în copiile pozitive ale filmelor, fie în contratip, la realizarea acestuia. Această ultimă metodă este mai raţională, întrucît pe de o parte operaţia de copiere a textelor care este totuşi o operaţie mai complicată se face o singură dată, iar pe de altă parte, avînd un contratip subtitrat, copiile de tiraj se vor putea executa pe orice tip de maşini de copiat în condiţiile unei productivităţi mult mai mari.

Prin procedeul foto-optic de subtitrare, literele obţinute în copia pozitivă nu mai sînt la fel de transparente ca în cazul ştanţării datorită voalului emulsiei peliculei pozitive.

Din această cauză, textele obţinute pe această cale dacă nimeresc pe un fond luminos al imaginii nu se mai disting cu uşurinţă, şi citirea lor este mult îngreuiată, ducînd pînă la imposibilitatea înţelegerii textului în cazul unor transmisii de televiziune.

Pentru remedierea acestui defect, în ţara noastră se aplică metoda vignetării literelor la subtitrarea fotografică.

Procedeul este o invenţie romînească şi rezolvă integral problema "lizibilităţii" textelor pe orice fond de imagine, oricît ar fi de luminos,atît în proiecţia cinematografică cît şi în cea de televiziune.

Esenţa acestui procedeu constă în aceea că literelor transparente din copia pozitivă li se creează un contur negru. Astfel,pe un fond luminos,aceasta delimitează fiecare literă, scoţînd-o în evidenţă faţă de fond şi realizîndu-se astfel o bună lizibilitate a textului.Pe un fond întunecat,acest contur se confundă cu fondul,literele fiind lizibile prin însuşi contrastul care există între ele şi fond.

Procesul tehnologic al subtitrării foto-optice folosind şi metoda vignetării se compune din următoarele faze:

- tipărirea şi reproducerea textelor,respectiv obţinerea benzii negative de titluri;
- copierea după această bandă şi obţinerea benzii pozitive de titluri (sau vignetele);
- copierea în contratip ,concomitentă a imaginii de pe lavandă şi a vignetelor;
- copierea în contratip a textelor după banda negativă de titluri.

După aceste faze urmează developarea normală a contratipului,care se obţine direct cu textele subtitrate şi vignetate.Schema procesului este dată în figura 2o6.

b. <u>Tipărirea şi reproducerea titlurilor.Obţinerea benzii negative de titluri</u>. După efectuarea traducerii şi a punctajului,textele se tipăresc pe o bandă de hîrtie în ordinea apariţiei lor în film pe bobine.

Titlurile astfel obţinute trebuie să fie formate din litere negre pe fond alb.

După aceste texte tipărite se execută apoi reproducerea lor pe o bandă de titluri care va constitui negativul de titluri.Pentru aceasta se foloseşte o instalaţie verticală de reproducere.

Scanned with OKEN Scanner

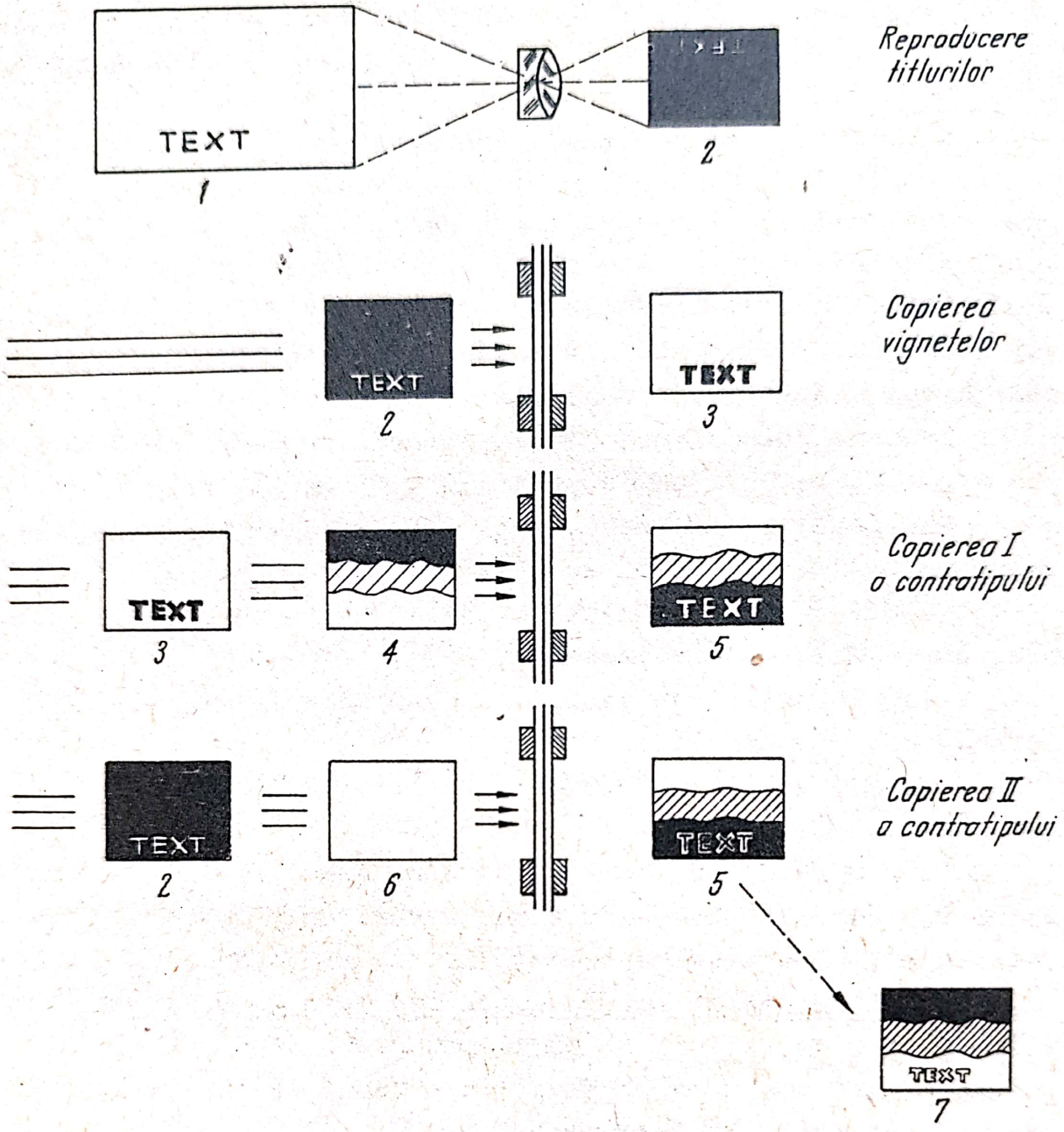



Fig.206. Schema procesului de subtitrare foto-optică cu vignete: 1- titlurile tipărite; 2- negativ titluri; 3- pozitiv titluri (vignete); 4- lavandă; 5- contratip; 6- pilot transparent; 7- copie după contratip.

Textul scris pe hîrtie este luminat de un grup de lămpi, iar imaginea lui este captată de o cameră de filmat, în care se încarcă o peliculă de mare contrast, de exemplu pelicula de sunet TF-6. Filmarea titlurilor se face fotogramă cu fotogramă,

fiecare din ele reprezentînd unul din texte. Între două texte, între care pe ecran nu trebuie să apară nimic scris, se filmează o fotogramă cu fond alb fără text. Timpul de expunere, diafragma şi nivelul iluminării sînt astfel corelate încît, ţinînd seama de sensibilitatea peliculei, de gradul de developare, precum şi de coeficientul de reflexie al hîrtiei pe care sînt scrise textele, să se asigure obţinerea în negativul de titluri a unei densităţi a fondului $D_f > 2,5$, în timp ce în dreptul literelor densitatea să nu fie mai mare decît densitatea de voal a peliculei. Aceşti parametri se determină prin probe şi măsurători luxmetrice şi sensitometrice.

La schimbarea titlurilor tipărite în vederea aducerii fiecăruia din ele în dreptul cîmpului de filmare trebuie respectate anumite repere de poziţionare. Filmarea se face bobină cu bobină, respectînd cu stricteţe ordinea textelor.

După filmare, titlurile se developează în procesul pozitiv alb-negru la contrastul maxim, controlîndu-se după aceea valorile densităţilor obţinute pe fond şi în litere.

Banda de titluri negativă are fondul fotogramei negre şi literele transparente, bine conturate.

c. Realizarea vignetelor. După banda negativă de titluri se execută prin copiere o bandă pozitivă de titluri, respectiv vignetele. Pentru aceasta trebuie ca lumina de copiere să fie mult mai puternică decît se foloseşte în mod normal. Datorită acestui fapt, vignetele nu mai sînt perfect conturate (o copie fidelă a literelor din negativ), ci au o grosime mai mare şi contururile aureolate datorită difuziei luminii de copiere.

Prin reglarea valorii acestei lumini se dozează efectul de vignetare în măsura dorită.

După copiere, vignetele se developează în aceleaşi condiţii ca şi negativul de titluri, ele fiind executate pe acelaşi tip de peliculă.

La executarea lor se urmăreşve obţinerea densităţii fondului la nivelul densităţii de voal. Densitatea literelor este asigurată în mod automat de necesitatea copierii cu o cantitate mare de lumină pentru obţinerea difuziei de contur.

La executarea lor însă trebuie avută deosebită grijă pentru obţinerea unor suprafeţe cît mai curate, întrucît ulterior la copierea lor în contratip asemenea defecţiuni se transmit integral acestuia.

Vignetele au fond perfect transparent şi curat,iar literele negre,sînt îngroşate faţă de negativ şi cu marginile difuzate.

d. Copierea titlurilor în contratipele alb-negru şi color. Copierea titlurilor în contratipe se face pe o maşină de copiat de construcţie specială. Copierea se face fotogramă cu fotogramă în mers sacadat, schimbarea poziţiei benzii de titluri făcîndu-se pe poziţia obturator închis. Deoarece în copia pozitivă literele trebuie să fie transparente, în contratip ele trebuie să apară negre. Pentru aceasta, datorită principiului constructiv al sistemului lumino-optic al maşinii de copiat pentru subtitrarea fotografică, copierea trebuie să se efectueze în două etape (dublă copiere).

La prima copiere, în canalul ferestrei de copiere se aşază în contact emulsie la emulsie lavanda şi pelicula virgină de contratimp,iar în canalul benzii de titluri se introduce banda pozitivă, respectiv banda de vignete. Sistemul lumino-optic al maşinii asigură suprapunerea în fereastra de copiere peste imaginea lavenzii a imaginii negre a vignetelor textului. Rezultă că în urma acestei copieri în contratip se impresionează imaginea conţinută de lavandă, avînd în porţiunea de jos a fotogramei "umbra" vignetelor textului care reprezintă porţiuni neexpuse ale contratipului.

Bobina de contratip conţinînd imaginea latentă astfel copiată, fără a se developa se rebobinează şi se încarcă din nou în canalul ferestrei de copiere a maşinii, folosind un semn de încărcare convenţional.

În locul lavenzii folosite la prima copiere, în cazul acestei de-a doua copieri se încarcă o bandă-pilot transparentă (pentru protejarea emulsiei peliculei de contratip), iar în canalul benzii de titluri se încarcă negativul acestora.

Aceasta din urmă avînd fondul negru şi doar literele transparente, în cea de-a doua copiere se vor impresiona numai literele textelor în porţiunile rămase neexpuse, la prima copiere, pe contratip.

După developare, contratipul apare cu textul scris negru, literele avînd în jurul lor o aureolă transparentă. La copierea în pozitiv, aceasta va face ca literele să apară transparente şi vor avea în jurul lor un contur negru (vignetă), ceea ce le face uşor de citit, chiar în cazul cînd fondul este complet transparent.

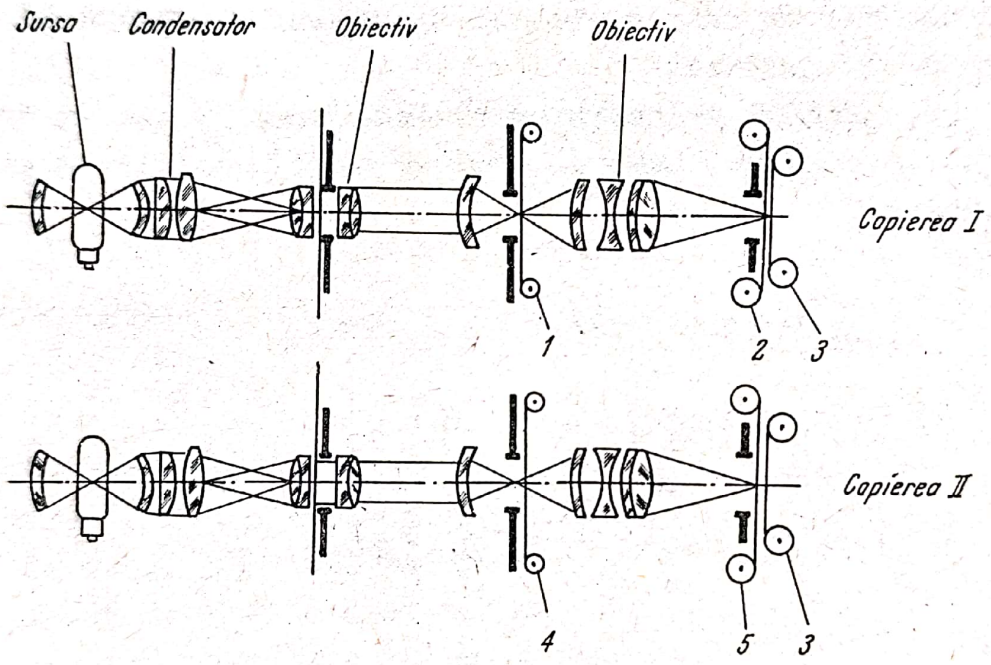



Fig.2o7. Schema celor două copieri pentru obţinerea contratipului subtitrat cu vignete: 1- pozitiv titluri (vignête); 2- lavanda; 3- contratipul; 4- negativ titluri; 5- pilot transparent.

În figura 2o7 este dată schema celor două copieri pentru obţinerea contratipului subtitrat cu vignete.

În cazul filmelor color, copierea titlurilor se face în mod analog, ţinîndu-se seama însă ca la copierea a doua să fie folosit un forfiltru corespunzător pentru impresionarea titlurilor în contratip în toate cele trei straturi în mod egal.

Aceasta este necesar pentru a asigura redarea lor în copia pozitivă fără vreo dominantă de culoare.

e. Metoda subtitrării foto-optice direct în copiile pozitive. Metoda constă în copierea concomitentă pe pelicula pozitivă virgină a imaginii de pe un contratip fără titluri şi a titlurilor de pe o bandă pozitivă de titluri avînd fondul complet transparent, iar literele negre. Pentru copiere se foloseşte aceeaşi maşină de copiat al cărei sistem de copiere a fost arătat mai înainte.

În canalul ferestrei de copiere se aşază în contact emulsie la emulsie contratipul fără titluri şi pelicula virgină pozitivă, iar în canalul benzii de titluri se introduce banda pozitivă de titluri.

Prin fondul transparent al acesteia, lumina va trece spre canalul de copiere, unde va impresiona pe pozitiv imaginea contratipului.

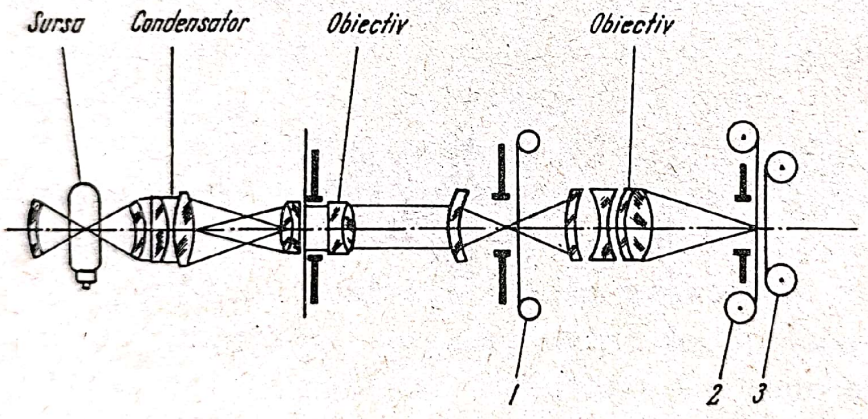



Fig.2o8. Schema copierii titlurilor direct pe copia pozitivă: 1- pozitiv titluri; 2- contratip; 3- copia pozitivă.

Literele textului fiind negre, vor opri în dreptul lor lumina să impresioneze pelicula pozitivă şi vor apărea în copie, transparente. Schema principiului este redată în figura 2o8.

Banda pozitivă de titluri se obţine prin copiere separată după banda lor negativă, care se obţine prin reproducere, după cum s-a arătat mai înainte.

Această bandă nu trebuie să aibă însă literele îngroşate şi aureolate ca în cazul vignetelor, ci trebuie să conţină literele bine conturate.

Această metodă are avantajul că se pot subtitra copii pornind fie de la negative, fie de la contratipe fără titluri, care pot astfel folosi pentru mai multe versiuni, însă prezintă inconvenientul că pentru executarea copiilor de tiraj reclamă maşini de copiat speciale.

## Capitolul XXIII

## EXECUTAREA TIRAJULUI DE COPII POZITIVE DE 35 şi 16 mm

### 1. Generalităţi

Prezentarea filmelor produse de studiourile din ţară sau din străinătate pe ecranele reţelei cinematografice reclamă realizarea unui număr de copii pozitive standard. Numărul necesar de copii pozitive se stabileşte în funcţie de mărimea reţelei cinematografice (mai precis de numărul cinematografelor) şi de preliminarea succesului de public al filmelor. Astfel, în ţara noastră, pentru reţeaua de 35 mm, care cuprinde circa 500 de cinematografe, sînt necesare 8-15 copii pozitive la fiecare titlu de film, în funcţie de importanţa filmului respectiv. Pentru reţeaua de 16 mm, care este mult mai dezvoltată (circa 3 200 de cinematografe), pentru fiecare film se execută 30-60 de copii standard, cu care se acoperă toate necesităţile.

Tirajul de copii standard pe peliculă normală (de 35 mm) şi pe peliculă îngustă (de 16 mm) se execută în laboratoare industriale specializate în acest scop.

Procesul de producţie a laboratoarelor de tiraj, avînd un pronunţat specific industrial, se caracterizează printr-o bună ritmicitate, printr-o înaltă productivitate şi printr-o economicitate cît mai ridicată.

Capacităţile de producţie trebuie să fie folosite la maximum, iar procesul tehnologic este necesar să fie cît mai standardizat.

Rentabilitatea laboratoarelor de tiraj depinde în primul rînd de modul în care se utilizează materia primă (pelicula şi substanţele chimice), care reprezintă peste 80% din valoarea preţului de cost.

În anumite ţări, unde reţeaua cinematografică nu este aşa de mare, cum este şi cazul ţării noastre, tirajul se realizează în laboratoare mixte.

Laboratoarele mixte execută atît lucrări pentru studiourile cinematografice (denumite lucrări de creaţie), cît şi lucrări de tiraj. Îmbinarea armonioasă a acestor două genuri de lucrări, complet diferite ca specific, în acelaşi laborator, este posibilă printr-o organizare optimă a producţiei şi a tehnologiei.

În ţara noastră, tirajul filmelor de 35 mm se realizează într-un laborator mixt, care concomitent execută şi lucrările de creaţie ale studioului de filme artistice.

Tirajul pe peliculă îngustă de 16 mm se face într-un laborator aparte.

La filmele de producţie naţională, un număr restrîns de copii pozitive se execută direct de pe negative. Este vorba de copiile de prezentare, copia de premieră, copii pentru festivaluri etc. Majoritatea copiilor se realizează însă de pe contratipe.

La filmele importate din străinătate, toate copiile se trag de pe contratipe.

2. Executarea tirajului
de copii pozitive alb-negru de 35 mm de pe contratip

Realizarea tirajului de copii pozitive de pe un contratip alb-negru egalizat se compune din două perioade distincte:

- perioada de pregătire;
- perioada de tiraj.

În perioada de pregătire se execută probe mici de etalonare, bobine de probă şi copia I, pe baza cărora se stabilesc condiţiile tehnologice definitive de realizare a întregului tiraj.

În perioada de tiraj se trag toate copiile pozitive cerute prin comanda respectivă.

Perioada de pregătire începe cu realizarea probelor mici de imagine şi sunet. Etalonerul căruia i s-a repartizat lucrarea alege mai întîi emulsia şi turnările de peliculă pozitivă alb-negru, care trebuie să fie în cantitate suficientă pentru a realiza numărul planificat de copii şi eventualele refaceri.

Turnările de peliculă pozitivă, alese pe baza datelor normării trebuie să fie foarte apropiate din punctul de vedere al proprietăţilor sensitometrice (contrast, sensibilitate).

Se trece apoi la executarea probelor mici de etalonare, care se fac de pe bobiniţele contratipului sau, dacă acestea nu există, direct de pe una din bobinele contratipului. În acest din urmă caz se marchează cu ajutorul unor semne porţiunile de bobină ce se vor copia pentru probă.

Probele mici se copiază în două-trei variante, cu lumini de copiere diferite stabilite pe bază de apreciere. Developarea se face la timpul de revelare cu care se obţine factorul optim de contrast ( $\gamma$ poz = 2,8 $\pm$ o,1) pentru pelicula respectivă.

Concomitent cu imaginea se copiază şi fonograma, fie de pe negativul de sunet, fie de pe fonograma de contratip (atunci cînd nu există negativ de sunet).

Probele developate sînt vizionate pe ecran şi analizate la lanternă.

Etalonerul alege vizual, din punctul de vedere al acoperirii şi contrastului, proba optimă de imagine, ale cărei condiţii de copiere vor fi adoptate pentru realizarea bobinei de probă.

Se aleg, de asemenea, condiţiile de copiere a fonogramei pe baza măsurătorilor densitometrice, astfel încît densitatea fonogramei în copia pozitivă să fie egală cu $D_f = 1,5 \pm 0,1$.

Dacă primele probe nu sînt concludente, ele se repetă.

În cazurile în care contrastul imaginii nu este corespunzător, adică fie că este prea mare, fie că este prea mic, se modifică timpul de revelare a peliculei pozitive în sensul necesar.

Se trece în continuare la executarea unei bobine de probă, care se copiază şi se developează la parametrii stabiliţi pe baza probelor realizate anterior.

Bobina de probă este vizionată şi apreciată din punctul de vedere al calităţii fotografice a imaginii şi sunetului.

În urma acestei operaţii, etalonerul stabileşte condiţiile tehnologice de realizare a copiei I din tiraj, adică fixează luminile de copiere la imagine şi sunet, precum şi timpul de revelare.

După copiere şi developare, copia I este vizionată în întregime şi se fac ultimele corecţii de etalonare pentru copiile următoare.

Dacă contratipul este perfect egalizat ca acoperire, toate bobinele se copiază cu o singură lumină. În cazul în care se constată diferenţe între bobine, se stabilesc luminile de copiere pentru fiecare bobină în parte, atît la imagine cît şi la sunet.

Perioada de tiraj începe o dată cu realizarea copiei II şi continuă pînă la terminarea tuturor copiilor comandate la filmul respectiv.

La trecerea tirajului de pe o turnare pe alta, stabilirea condiţiilor de prelucrare (copiere şi developare) se face fie pe baza datelor normării, fie, pentru mai multă siguranţă, pe baza unei bobine de probă.

Calitatea copiilor de tiraj depinde în foarte mare măsură de stabilitatea proceselor de copiere şi de developare.

Introducerea scalelor gri în bobinele contratipului, care se copiază de fiecare dată în copia pozitivă, uşurează stabilirea parametrilor de prelucrare a tirajului şi asigură controlul obiectiv al calităţii acestuia.

Procesele de copiere şi developare trebuie să fie cît mai constante în timp. În caz contrar, efectul fotografic se modifică şi apar diferenţe de acoperire şi uneori de contrast între copii şi între bobine.

## 3. Executarea tirajului de copii pozitive color de 35 mm de contratip

Tehnologia realizării tirajului de copii color este mai complexă decît tehnologia tirajului alb-negru din două motive, şi anume:

- etalonarea imaginii se face nu numai în privinţa acoperirii şi contrastului, ci şi în privinţa culorilor, care trebuie să fie cît mai apropiate de culorile imaginii copiate de pe negativ;
- contratiparea color scade calitatea imaginii într-o măsură mai mare decît contratiparea alb-negru.

Ca şi în cazul tirajului de copii pozitive alb-negru, tirajul color se realizează în două perioade: de pregătire şi perioada tirajului propriu-zise.

Perioada de pregătire se compune din următoarele operaţii mai importante:

- vizionarea copiei pozitive de control şi alegerea bobinei de probă;

- pregătirea materialelor primare (contratip imagine şi negativ de sunet) pentru copiere;
- alegerea peliculei pozitive color;
- executarea probelor de imagine şi sunet;
- etalonarea probelor şi executarea bobinei de probă;
- stabilirea condiţiilor de copiere pentru copia I;
- stabilirea condiţiilor de copiere pentru copiile următoare.

Majoritatea contratipelor color sînt însoţite de copii pozitive de control. Aceste copii sînt executate de pe contratipele respective şi servesc ca etalon pentru copiile de tiraj.

Copia de control este vizionată în întregime, observîndu-se calitatea fotografică a imaginii. Totodată se alege o bobină de probă, care trebuie să conţină planuri de zi, de noapte, de interior şi de exterior.

Dacă există diferenţe de contrast între bobinele contratipului, contrastul bobinei de probă trebuie să fie mediu.

Contratipul de imagine se controlează atent la derulator, verificîndu-se starea şi concordanţa ancoşelor cu lista de etalonare. Se execută apoi fişele de lumini în care se perforează luminile indicate în lista de etalonare şi în care se introduc filtrele gri şi substractive.

Dacă nu există bobiniţă de etalonare, se aleg anumite planuri de contratip spre a servi la executarea probelor de imagine.

Se verifică de asemenea negativul de sunet în special în privinţa sincronului faţă de negativul-imagine.

Se aleg, pe baza datelor normării, turnările de peliculă pozitivă color pentru tot tirajul . Aceste turnări de peliculă trebuie să fie cît mai apropiate din punctul de vedere al caracteristicilor sensitometrice. Cantitatea de peliculă pozitivă se ia în funcţie de numărul de copii şi de consumul specific, adăugîndu-se o rezervă pentru eventualele refaceri.

Se execută în continuare probe mici de imagine şi de sunet. Probele de imagine se copiază de pe bobiniţe sau direct din bobina aleasă de contratip. Pentru planurile de probă se

excută o fişe de lumini aparte care se utilizează în maşina de copiat împreună cu forfiltrul turnării peliculei pozitive (rezultat din operaţia prealabilă de normare).

Probele de imagine se analizează la lanternă în comparaţie cu planurile respective din copia de control. Se efectuează corectarea acoperirii culorii şi se modifică în mod corespunzător forfiltrul.

Pentru modificarea acoperirii se utilizează filtre gri, ţinînd seama că 1,5 lumini corespund unui filtru gri cu densitatea o,o6.

Corecţia de culoare se face cu ajutorul filtrelor colorate substractive (galbene, purpurii şi azurii).

Dacă corecţiile nu sînt prea mari, se trece la executarea bobinei de probă. În caz contrar, probele se repetă.

Bobina de probă se copiază cu fişa de lumini şi forfiltrul corectat.

Bobina de probă este vizionată pe ecran în paralel cu bobina respectivă din copia de control. În urma acestei comparaţii se aduce, dacă este cazul, o nouă corecţie forfiltrului. Acest forfiltru va servi pentru copierea copiei I.

Copia I de tiraj se copiază cu fişele de lumini şi cu forfiltrul obţinut în urma probelor. După developare, copia I este vizionată în întregime pe ecran, în paralel cu copia de control.

Se fac corecţii la toate planurile unde culoarea şi acoperirea nu corespund, aducîndu-se modificări în fişele de lumini.

Diferenţele generale dintre bobine se lichidează prin modificarea forfiltrului, care în acest mod încetează să mai fie unic pentru întreaga copie.

Perioada de tiraj începe cu copia II şi se continuă cu celelalte copii, pînă la terminarea comenzii respective.

În cazurile în care nici copia II nu este perfect corectată, se continuă etalonarea, introducîndu-se noi corecţii în fişe şi în forfiltru.

La trecerea de pe o turnare pe alta se determină noul forfiltru, utilizînd datele normării. Pentru o verificare suplimentară se execută şi o bobină de probă, care în majoritatea cazurilor este utilizată în copia următoare.

În marile laboratoare din străinătate, unde numărul de copii executate este foarte mare (ajungînd uneori pînă la 500), tirajul se realizează de pe mai multe contratipe.

Pentru mărirea productivităţii se lucrează concomitent un mare număr de copii, pe fiecare maşină copiindu-se 1-2 bobine de un foarte mare număr de ori. Abia în final copiile se alcătuiesc din bobinele a căror culoare şi acoperire sînt apropiate.

## 4. Executarea tirajului pe peliculă îngustă de 16 mm

După cum s-a mai arătat, reţeaua cinematografică cuprinde, în afara cinematografelor pentru peliculă normală de 35 mm, un important număr de cinematografe pentru peliculă îngustă de 16 mm. Din această cauză, la fiecare film se execută un mare număr de copii pozitive pe peliculă de 16 mm, atît alb-negru cît şi color.

În general, condiţiile de vizionare pe ecran a imaginii de pe formatul de 16 mm sînt inferioare condiţiilor de vizionare a imaginii de pe formatul de 35 mm.

Aceasta se datoreşte în primul rînd faptului că fotograma de 16 mm este privită de către spectator sub un unghi de circa două ori mai larg decît fotograma de 35 mm.

De aici rezultă că, pentru aceleaşi pelicule şi pentru condiţii identice de prelucrare, granulaţia sesizată în imaginea de 16 mm va fi de două ori mai mare.

Executarea copiilor de tiraj pe peliculă de 16 mm, la filmele realizate pe negativ de 35 mm, se poate efectua prin două procedee, şi anume:

a) De pe negativul imagine de 35 mm se trage o copie pozitivă intermediară (interpozitiv) şi apoi de pe aceasta un contratip, ambele tot pe peliculă de 35 mm.

Copiile de 16 mm se copiază pe cale optică de pe contratipul de 35 mm. Tot prin procedeul optic se copiază şi fonograma de pe un negativ de sunet separat, de 35 mm.

Calitatea copiilor este bună. Există însă dificultăţi în privinţa productivităţii şi a exploatării, datorită maşinilor optice de copiat, care au viteză redusă şi sînt complicate din punct de vedere constructiv.

b) De pe negativul imagine de 35 mm se obţine un interpozitiv de 35 mm, de pe care se realizează pe cale optică un contratip de 16 mm (sau două pe o peliculă de 32 mm).

Copiile de tiraj se obţin prin contact de pe contratipul de 16 mm.

Fonograma se copiază pe cale optică de pe un negativ de sunet de 35 mm (pe altă maşină) sau prin contact de pe un negativ de sunet de 16 mm.

Calitatea imaginii este inferioară celei obţinute prin procedeul anterior a), în special în privinţa granulaţiei. În schimb se poate realiza o productivitate mult mai mare prin utilizarea maşinilor de copiat prin contact cu mers continuu.

În figurile 2o9, 2lo sînt redate schemele celor două procedee de realizare a copiilor de tiraj pe format de 16 mm.

Pelicula de 16 mm utilizată la tirajul filmelor cinematografice are un singur rînd de perforaţii, deoarece pe marginea opusă se află fonograma optică,

Prin copierea optică, dimensiunile pistei sonore se micşorează în direcţie longitudinală de 2,49 ori, iar în direcţie transversală de 1,25 ori. După cum se poate observa, micşorarea transversală este cu mult mai mică decît cea longitudinală, pentru a se evita o scădere prea mare a dinamicii sunetului.

Sunetul reprodus de pe fonograma optică din copiile de 16 mm are o calitate scăzută. Principala cauză a scăderii calităţii sunetului este micşorarea lungimii de undă a modulaţiei,

Scanned with OKEN Scanner

care se datoreşte faptului că pelicula de 16 mm are o viteză mult mai mică decît cea de 35 mm în aparatele de proiecţie (183 mm/s faţă de 456 mm/s cît este la pelicula de 35 mm).

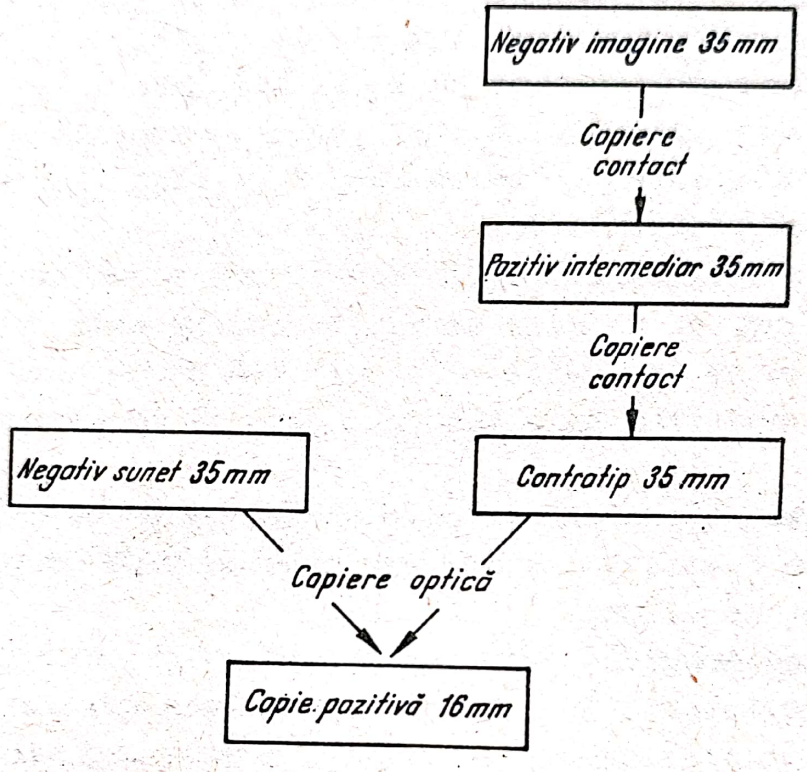



Fig.209. Schema procedeului de tiraj optic al copiilor de 16 mm pe contratip de 35 mm.

Astfel, datorită acestui fapt banda de frecvenţe redată de pelicula de 16 mm este de 2,5 ori mai mică decît la pelicula de 35 mm.

Din aceste motive se impune ca fonograma optică din copiile de 16 mm să se execute întotdeauna de pe un negativ de sunet separat şi să nu se folosească niciodată fonograma din contratipul de imagine.

O cale de îmbunătăţire radicală a calităţii sunetului din copiile de format înguste este înregistrarea sunetului pe o pistă magnetică ce se întinde pe peliculă înainte sau după

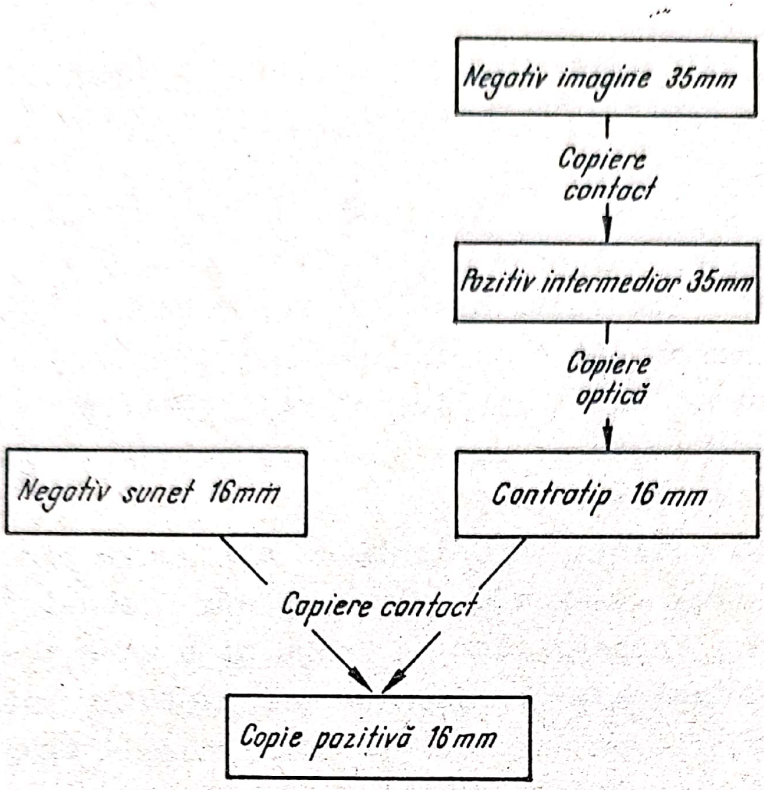



Fig.21o. Schema procedeului de tiraj prin contact al copiilor de 16 mm.

developare. În momentul de faţă, un număr din ce în ce mai mare de copii de tiraj se realizează prin acest procedeu, care asigură o reproducere mult mai bună a sunetului.

## 5. Tirajul de copii color prin procedeul hidrotipic

Calitatea imaginii copiilor de tiraj obţinute prin copiere de pe contratipe color cu trei straturi este mai scăzută, într-o măsură însemnată, decît calitatea imaginii copiilor realizate direct de pe negativul original. Chiar dacă contratiparea color s-a executat foarte corect, se produce o oarecare distorsionare a culorilor, creştere a granulaţiei, scăderea definiţiei şi, în special, o pierdere de saturaţie a culorilor.

În scopul îmbunătăţirii calităţii copiilor color s-a elaborat procedeul hidrotipic de tiraj, care prezintă următoarele avantaje:

- se utilizează alţi coloranţi, care sînt mai stabili şi asigură o saturaţie mai mare a culorilor;
- calitatea sunetului este net superioară, deoarece fonograma constă numai din argint metalic (ca la alb-negru);
- costul unei copii realizate prin hidrotipie este mai scăzut cu 2o-3o % decît al unei copii executate pe peliculă pozitivă color cu trei straturi.

În acelaşi timp, tehnologia şi utilajele procedeului hidrotipic de tiraj color sînt mai complexe, necesitînd respectarea riguroasă a parametrilor de lucru şi o mare precizie în funcţionarea principalelor agregate ale maşinilor utilizate.

În continuare vom descrie pe scurt fazele tehnologice ale procedeului hidrotipic de tiraj color a cărui schemă este redată în figura 211.

Negativul color de imagine cu trei straturi se copiază pe rînd prin trei filtre zonale colorate (indigo, verde şi roşu) pe o peliculă specială, pancromatică alb-negru. Se obţin astfel trei copii pozitive intermediare, care constituie extracţii pozitive de culoare în alb-negru ale negativului original color.

Pozitivele intermediare se copiază la rîndul lor pe peliculă alb-negru ortocromatică, realizîndu-se trei contratipe, care reprezintă extracţii negative de culoare în alb-negru.

Parametrii de copiere şi developare ai extracţiilor de culoare (pozitive intermediare şi contratipe) se aleg astfel încît imaginile celor trei contratipe să aibă acoperirea necesară şi contrastul optim, impuse de tehnologie.

În continuare, cele trei contratipe se copiază pe o peliculă pentru matriţe. Din considerente tehnologice, copierea se face prin suport, iar prelucrarea se deosebeşte esenţial de o developare obişnuită.

Prelucrarea peliculei de matriţe se compune din următoarele faze:

- Revelarea într-un revelator tanant. Pelicula expusă se revelează într-o soluţie ce conţine o substanţă revelatoare tanantă, ca, de exemplu, pirogalolul sau piracatechina. Tanarea gelatinei o efectuează produşii de oxidare rezultaţi din procesul de revelare.

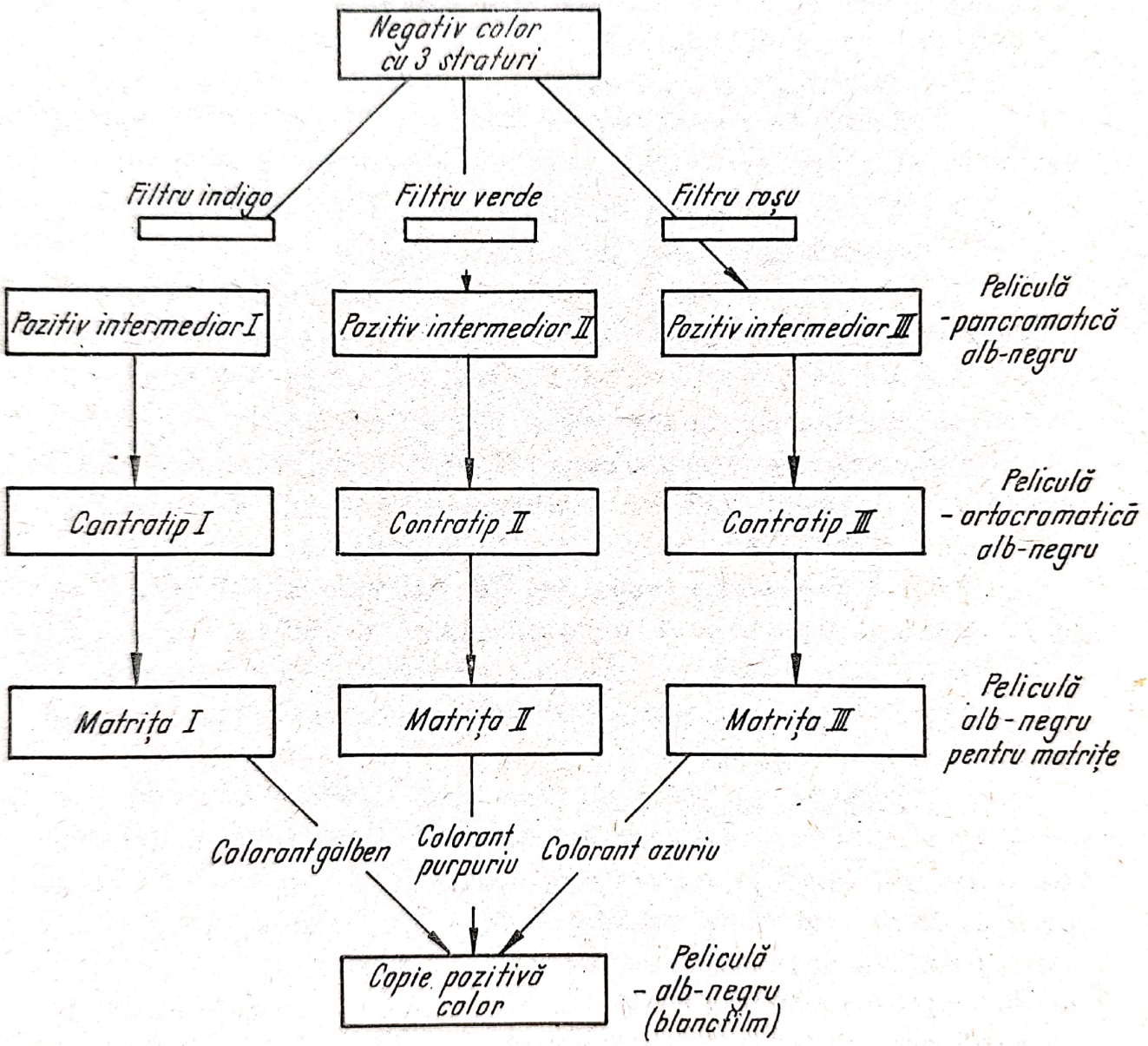



Fig.211. Schema fazelor tehnologice ale procedeului de tiraj color prin hidrotipie.

Cu cît densitatea optică va fi mai mare, cu atît tanarea gelatinei va fi mai puternică.

Deci în urma revelării se obţin trei imagini parţiale argentice a căror gelatină este tanantă în mod proporţional cu densitatea.

- Spălare intermediară intensă.

- Înălbire într-o soluţie de fericianură de potasiu. Tot argintul metalic din cele trei pelicule se oxidează şi se transformă în săruri complexe.

- Spălare intermediară.

- Fixare într-o soluţie neutră de tiosulfat de sodiu. Sărurile complexe de argint sînt îndepărtate din strat.

- Spălare în apă fierbinte (cu circa 50°C), pînă cînd se îndepărtează din strat gelatina netanată.

În urma prelucrării se obţin trei pelicule ce conţin imagini parţiale (extracţii de culoare) în relief de gelatină.

Aceste trei pelicule cu imagini în relief se numesc matriţe şi servesc la realizarea copiilor de tiraj.

Matriţele se pot prelucra şi prin alte procedee, ca, de exemplu, procedeul prin care tanarea gelatinei se face separat după relevare.

Pentru realizarea copiilor de tiraj se utilizează maşini speciale complexe de mare precizie, denumite m a ş i n i h i d r o t i p i c e. Procesul tehnologic de obţinere a copiilor de tiraj ce se desfăşoară în aceste maşini se compune din două faze principale:

a) <u>Colorarea matriţelor</u>. Cele trei matriţe se introduc fiecare în cîte o soluţie de colorant care difuzează în stratul de gelatină. Matriţa I ce conţine imaginea parţială copiată prin filtrul indigo se colorează în galben, matriţa II ce conţine imaginea parţială copiată prin filtrul verde se colorează în purpuriu, iar matriţa III ce conţine imaginea parţială copiată prin filtrul roşu se colorează în azuriu.

În acest scop se utilizează o tiradă de coloranţi acizi, foarte stabili şi cu calităţi superioare spectrale.

Gradul de colorare al matriţelor este proporţional cu grosimea stratului de gelatină. În porţiunile fără gelatină nu există colorant.

b) Transferul hidrotipic al imaginii colorate pe blancfilm. În maşină se introduce o peliculă specială alb-negru, denumită blancfilm, care printr-o prelucrare prealabilă conţine fonograma argentică, precum şi cadrajul fiecărei fotograme.

În interiorul stratului de gelatină al blancfilmului se află anumite substanţe, denumite f i x a t o r i, care facilitează pătrunderea coloranţilor şi fixarea acestora.

Blancfilmul ajunge mai înainte în contact cu matriţa I, din care colorantul galben difuzează în stratul de gelatină al blancfilmului. Acest transfer de colorant se realizează pe un tambur dinţat care asigură un contact perfect şi de mare precizie între matriţă şi blancfilm. În acest mod, în stratul de gelatină al blancfilmului se formează o imagine parţială de culoare galbenă.

În continuare, blancfilmul, după o prelucrare corespunzătoare, ajunge pe un nou tambur dinţat, unde intră în contact cu matriţa II, ce conţine colorantul purpuriu. Astfel se formează o a doua imagine suprapusă peste prima imagine, şi anume imaginea parţială de culoare purpurie.

În sfîrşit, utilizînd un al treilea tambur dinţat, se realizează transferul imaginii parţiale azurii de pe matriţa III.

Suprapunerea celor trei imagini colorate pe blancfilm trebuie să fie perfectă. În caz contrar, claritatea imaginii va fi necorespunzătoare.

Blancfilmul conţinînd cele trei imagini colorate suprapuse şi fonograma argentică constituie o copie standard de tiraj.

Pentru realizarea copiilor următoare, matriţele se încarcă din nou cu coloranţi şi se pun în contact cu alt blancfilm.

Un complet de matriţe se poate întrebuinţa pentru realizarea a circa 100 de copii, după care matriţele trebuie înlocuite cu alte matriţe noi.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XXIV

## PREGĂTIREA MATERIALELOR PENTRU COPIERE ŞI PROIECŢIE

### 1. Pregătirea materialelor primare pentru copiere

Materialele primare sînt acele pelicule prelucrate care sînt destinate folosirii lor la copiere în vederea obţinerii după ele a copiilor pozitive.

Astfel de materiale sînt: negativele de imagine şi de sunet, lavenzile, interpozitivele color, contratipele etc.

Înainte de a fi folosite în procesul de copiere, acestea trebuie pregătite special pentru această operaţie.

Pregătirea lor constă în următoarele:

- montarea de straturi de copiere şi amorse de protecţie;
- curăţirea suprafeţelor de praf, pete sau orice alte impurităţi, prin ştergere;
- derularea lor, astfel încît să corespundă modului de încărcare şi copiere în maşina de copiat;
- pregătirea şi etichetarea cutiilor goale în care se va pune materialul copiat.

Straturile de copiere sînt bucăţi de peliculă pozitivă în lungime de circa 1,2 m, pe care s-au imprimat prin copiere o serie de repere necesare identificării materialului primar respectiv şi încărcării lui corecte în maşina de copiat.

În figura 212 este dată schema unui asemenea start. Toate reperele şi indicaţiile însemnate pe un start sînt executate la fotogramă (cadrate), astfel încît la plasarea unuia în dreptul ferestrei de copiere să asigure în condiţiile unui transport sacadat cu pasul de patru perforaţii (o fotogramă) respectarea cadrajului şi pentru toate celelalte. De asemenea, lipirea unui strat cu materialul primar se face totdeauna ţinînd seama de cadraj, pentru aceleaşi motive.

Scanned with OKEN Scanner

Startul de copiere conţine un semn de încărcare pentru sunet, unul pentru imagine, precum şi un reper la care trebuie executată lipitura cu materialul primar. Distanţa dintre semnul de încărcare al sunetului şi cel al imaginii este impusă de caracteristicile constructive ale maşinilor de copiat şi ea nu include şi decalajul necesar între sunetul şi imaginea copiei standard.

Acesta se realizează prin montarea startului de copiere la negativul de imagine diferită faţă de negativul de sunet. Astfel, între semnul de sincron al startului se lasă un interval de 19 fotograme, în timp ce semnul de sincron al negativului de sunet se lipeşte imediat lîngă semnul de lipire al stratului (fig.213).

La lavenzi şi interpozitive startul de copiere se montează la fel, însă la sfîrşitul

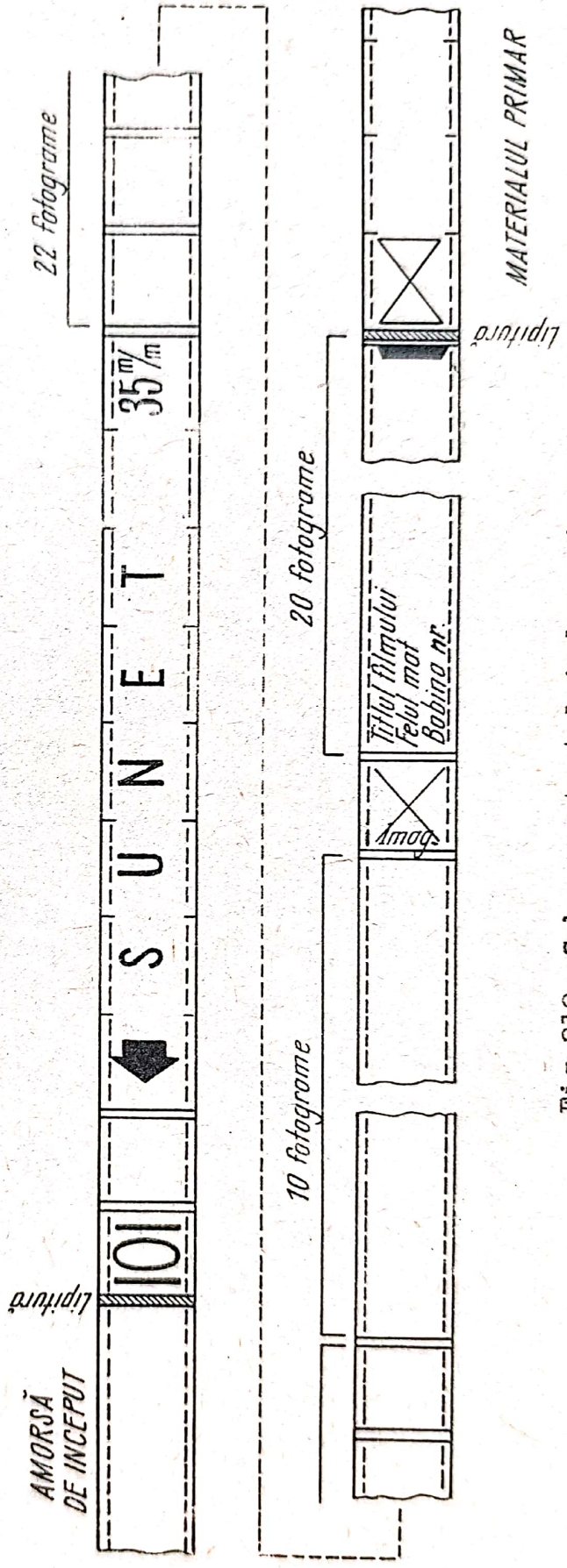



Fig.212. Schema startului de copiere.

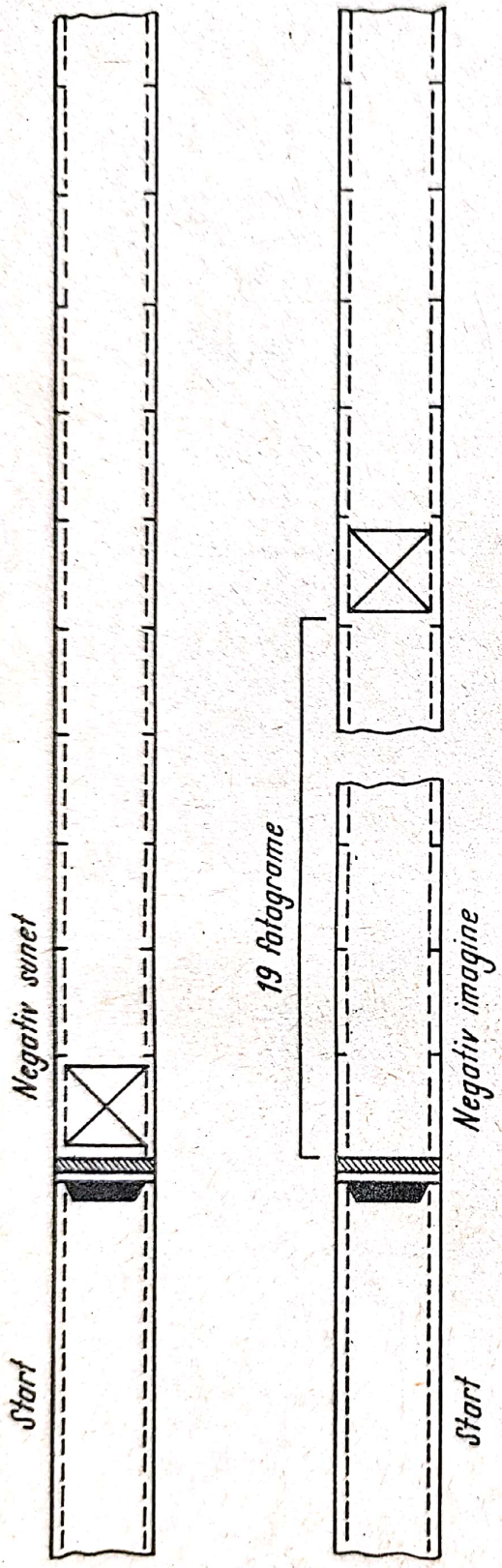



Fig.213. Schema montării starturilor de copiere la negativele de imagine şi sunet.

bobinei (lavenzile se copiază începînd cu sfîrşitul), considerînd ultima fotogramă a acestora ca prima fotogramă a negativului de imagine. Întrucît aceasta nu se copiază cu sunet separat, problema realizării decalajului necesar între sunet şi imagine nu se mai pune, el fiind deja realizat la executarea lor.

La contratipe, straturile de copiere se montează la fel ca în cazul negativelor de imagine; decalajul necesar sunetului este inclus în ele, atunci cînd au copiată şi banda de sunet, iar în cazul copierii lor cu sunet separat, acesta conţine decalajul necesar prin felul cum s-a montat startul său.

Pe starturile montate se înscriu cu cerneală în locurile prevăzute datele necesare de identificare, ca: titlul filmului, numărul bobinei, felul materialului etc.

Amorsele de protecţie sînt bucăţi de peliculă fără imagine, în lungime de cîte 1,5-2 m, care se lipesc la începutul şi sfîrşitul fiecărei bobine, avînd rol de protecţie.

După montarea starturilor şi a amorselor de protecţie, materialele primare se supun unei opera -

ţii de curăţire prin ştergere. Aceasta se execută în condiţii ce se vor arăta mai departe.

După curăţire, materialele primare se derulează, în aşa fel încît bobinele să prezinte:

- negativele de imagine şi sunet şi contratipele: începutul la exterior;
- lavenzile şi interpozitivele: sfîrşitul la exterior;
- toate materialele primare: emulsia în afară.

Concomitent cu aceste operaţii de pregătire a materialelor primare pentru copiere se face şi pregătirea cutiilor goale pentru materialul copiat.

Pentru aceasta se aleg cutii goale curate şi în bună stare, se etichetează cu etichete standard pentru genul respectiv de lucrări şi se înscriu pe etichete datele necesare de identificare : titlul filmului , sortul lucrării , numărul bobinei etc.

Materialele primare se duc apoi la copiaj însoţite şi de aceste cutii goale.

## 2. Pregătirea materialelor pentru proiecţie

Materialele destinate proiecţiei sînt în general copiile pozitive; copii de lucru, copiile tehnice şi copiile standard de toate categoriile. Dintre materialele primare doar lavenzile şi interpozitivele se vizionează în proiecţie în scopul efectuării controlului lor fotografic şi al aprecieri caracteristicilor imaginii pentru executarea lucrărilor ulterioare.

Pentru a fi proiectate, aceste materiale trebuie pregătite în acest scop.

Pregătirea materialelor pentru proiecţie constă în următoarele:

- scoaterea agrafelor de developare;

- montarea starturilor de proiecţie şi a amorselor de protecţie;

- derularea lor, astfel încît să corespundă modului de încărcare în aparatele de proiecţie.

Pentru scoaterea agrafelor se derulează materialul pe un derulator, urmărind cu o mînă marginea paliculei pentru sesizarea lor, iar la fiecare agrafare se opreşte derularea,se taie porţiunea ce cuprinde agrafele şi se execută lipirea celor două capete rezultate cap la cap, respectîndu-se cadrajul. În cazul copiilor de lucru,al lavenzilor şi al interpozitivelor, în locul porţiunii de peliculă scoasă se montează o bucată de film negru, avînd exact aceeaşi lungime la perforaţie (înlocuire).

Starturile de proiecţie sînt bucăţi de peliculă pozitivă în lungime de circa 5 m, cele pentru început de bobină, şi de circa 1 m, cele pentru sfîrşit de bobină, pe care s-a imprimat prin copiere o serie de repere necesare identificării bobinei respective şi încărcării ei corecte în aparatul de proiecţie. În figura 214 sînt date schemele acestor starturi. Toate reperele şi indicaţiile însemnate pe ele sînt executate la cadraj, iar lipirea lor la copie se face ţinînd seama de acest lucru.

Starturile de proiecţie îndeplinesc următoarele roluri:

- constituie o prelungire a copiei, cu rol de pilot, pentru încărcarea în aparatele de proiecţie;

- conţin indicaţiile de identificare a bobinei, precum şi a se sensului în care se află derulată;

- asigură încărcarea imaginii "la cadraj";

- asigură decalajul standard de încărcare imagine-sunet în vederea realizării sincronismului acestora.

Startul de proiecţie - început - conţine mai întîi o porţiune de identificare a bobinei, pe care se înscriu date, ca: titlul filmului, numărul actului, formatul, versiunea şi felul sunetului. După aceasta urmează începutul propriu-zis al startului marcat cu indicaţia "cap racord". După capul racord,

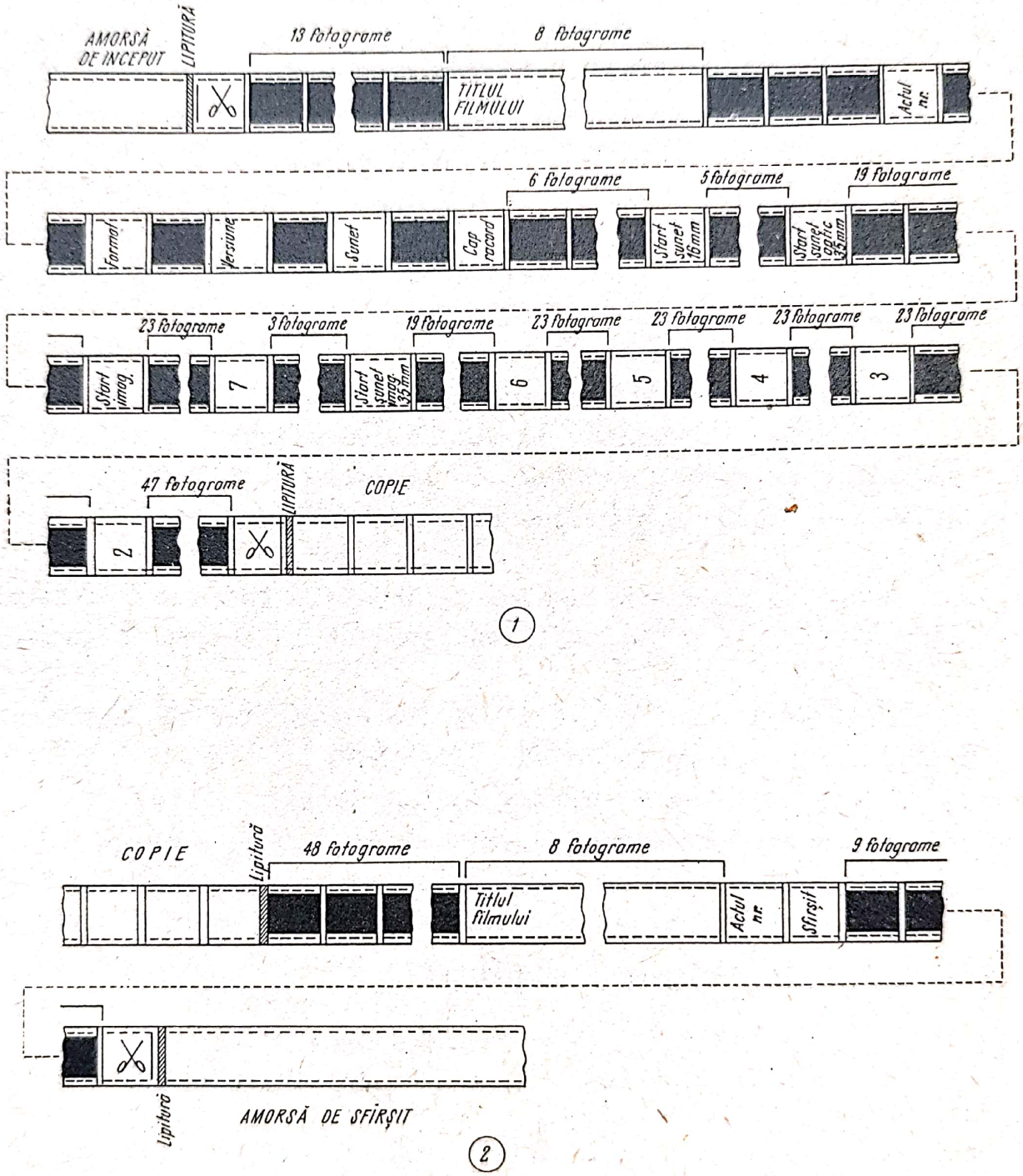



Fig.214. Schema starturilor de proiecţie: 1- start de început; 2- start de sfîrşit.

la o distanţă de şase fonograme,se află semnul de încărcare al sunetului pentru 16 mm(cazul unor transpuneri),după încă cinci fotograme semnul de încărcare în aparatele de proiecţie al sunetului optic pentru 35 mm, iar după încă 19 fotograme semnul de încărcare în aparatele de proiecţie a imaginii. La o distanţă de încă 27 de fotograme se mai află un semn destinat încărcării la proiecţie a sunetului magnetic 35 mm şi care foloseşte numai în cazul copiilor care au un astfel de sunet. După aceasta urmează o lungime de circa 3,5 m,însemnată din loc în loc cu cifrele 7,6,5,4,3,2,1 (această cifră coincide cu prima fotogramă a copiei), care serveşte ca ghid pentru operator la efectuarea schimbărilor de proiecţie.

Startul de proiecţie - sfîrşit - conţine o porţiune cu datele de identificare a bobinei şi semnul "sfîrşit".

Montarea starturilor de început şi sfîrşit de bobină se face lipind la cadraj capătul de la prima şi ultima fotogramă a bobinei cu capătul corespunzător al startului, marcat cu o foarfecă.

După montarea starturilor la capetele bobinelor se mai lipesc cîte 1,5-2 m peliculă fără imagine ca amorse de protecţie.

După aceasta, copiile destinate proiecţiei se derulează, în aşa fel încît bobinele să prezinte:

- începutul la exterior;
- suportul în afară.

3. Operaţia de ştergere a peliculei

a. <u>Ştersul peliculei</u>. În cursul manipulării materialelor primare, cu toate măsurile de curăţenie ce se iau,pe suprafaţa lor se depun unele impurităţi ca praf, scame etc.

Electrizarea peliculei prin derulare contribuie la acest lucru într-o mare măsură. De asemenea, uneori chiar din procesul de developare pelicula reţine pe suprafeţe unele impurităţi.

Din această cauză, întrucît prin copierea acestor materiale primare toate aceste impurităţi se transmit fotografic în materialele copiate, înaintea efectuării operaţiei de copiere se execută ştergerea lor.

Ştergerea se face derulînd încet pelicula pe un derulator şi trecînd-o în acest timp printr-un tampon de pluş moale îmbibat cu un lichid de ştergere. Din cînd în cînd, plușul se scutură şi se îmbibă din nou, parcurgînd astfel toată lungimea bobinei.

b. Lichide pentru ştergere. Pentru ştergere se folosesc în principiu lichide uşor volatile, care să fie solvente pentru substanţele grase (în scopul îndepărtării petelor de ulei, a amprentelor etc.) şi care să nu reacţioneze cu gelatina sau cu suportul peliculei. Astfel, pentru şters se utilizează tetraclorura de carbon, benzenul sau neofalina, aceasta din urmă fiind cea mai folosită.

Lichidele pentru şters trebuie să fie în stare pură, incolore, iar după evaporare nu trebuie să lase pete sau altfel de urme pe peliculă.

Deoarece lichidele folosite la şters sînt atît inflamabile cît şi toxice, această operaţie trebuie executată numai în încăperi prevăzute special cu instalaţii corespunzătoare (sistem de iluminare capsulat, ventilaţie puternică etc.).

c. Utilaje pentru curăţatul peliculei. Operaţia de ştergere manuală a peliculei este destul de greoaie, cu productivitate scăzută, implică un mediu toxic şi inflamabil, iar eficacitatea ei nu este în toate cazurile satisfăcătoare.

Din această cauză s-au realizat şi se folosesc utilaje speciale, maşinile pentru curăţatul peliculei.

Dintre acestea se desprind două categorii însemnate:

- maşinile clasice, în care ştergerea se face pe acelaşi principiu ca şi în cazul manual, realizîndu-se doar mecanizarea ei;

- maşini de curăţat cu ultrasunete şi lichide speciale.

Maşinile clasice sînt prevăzute cu un dispozitiv de antrenare mecanică a peliculei care trece printr-un sistem de tampoane din materiale moi îmbibate prin intermediul unui rezervor cu lichidul şters. Ele lucrează etanş şi au o productivitate de circa 600-700 m/h.

Maşinile de curăţat cu ultrasunete realizează curăţirea peliculei prin trecerea ei prin nişte cuve cu un lichid special, freon 13 de exemplu, care este tot timpul agitat cu ultrasunete. În acest fel, curăţirea este foarte bine făcută,iar productivitatea maşinii trece de 2 000 m/h. O astfel de maşină este maşina englezească "Ultrasonic Film Cleaner CF-2".

## Capitolul XXV

## RESTAURAREA ŞI TRATAMENTUL PROFILACTIC AL PELICULELOR

### 1. Clasificarea metodelor de restaurare şi de tratament profilactic al peliculelor

Trecerea repetată a peliculelor cinematografice prin maşinile de copiat şi aparatele de proiecţie duce la uzura treptată a suprafeţelor şi a perforaţiilor. Pe emulsia şi pe suportul peliculelor se produc zgîrieturi şi frecături din ce în ce mai numeroase, care influenţează negativ calitatea imaginii şi a sunetului.

Deteriorarea perforaţiilor face imposibilă exploatarea în continuare a filmelor, deoarece acestea se rup şi se distrug cu uşurinţă în timpul trecerii prin traiectul diferitelor aparate cinematografice.

La toate aceste defecte intervenite datorită uzurii normale se mai adaugă şi alte defecţiuni ce apar datorită neres-

pectării unor condiţii tehnologice de prelucrare sau de păstrare. În această categorie intră, de exemplu, degradarea emulsiei, ca urmare a fixării sau spălării incorecte, deformarea şi rigidizarea peliculei, datorită pierderii umidităţii remanente şi a plastifianţilor, ca rezultat al suprauscării sau al condiţiilor climatice incorecte de păstrare (umiditate relativă redusă şi temperatură prea ridicată).

Prelungirea duratei de exploatare a filmelor se poate realiza prin două categorii de metode, şi anume:

a) prin metode de restaurare a peliculelor ce prezintă defecţiuni;

b) prin metode de tratament profilactic a peliculelor înainte de intrarea lor în exploatare.

Metodele de restaurare sînt numeroase şi felurite în funcţie de genul defectelor pe care le prezintă peliculele. Din această categorie fac parte metodele de îndepărtare a zgîrieturilor şi frecăturilor de pe suprafeţele peliculelor, metodele de reparare a perforaţiilor deteriorate, metodele de îndepărtare a petelor şi a mucegaiului din emulsie, metodele de refacere a planeităţii şi elasticităţii peliculei etc.

Metodele de tratament profilactic a peliculei sînt metode de acoperire a suprafeţelor peliculei şi în special a emulsiei cu diferite straturi de protecţie.

## 2. Metode de îndepărtare a zgîrieturilor şi frecăturilor de pe suprafeţele peliculelor

Îndepărtarea zgîrieturilor şi a frecăturilor de pe emulsie se poate face numai dacă acestea nu sînt prea adînci. În aceste cazuri, pelicula deteriorată se tratează cu anumite soluţii încălzite în care gelatina se umflă puternic, ca, de exemplu, soluţii apoase de acid acetic, de glicerină şi chiar de carbonat de potasiu. Gelatina fiind umflată şi uşor înmuiată, acoperă zgîrieturile existente la suprafaţa sa. Pentru a mări

eficienţa acestei metode, stratul de gelatină este presat suplimentar cu ajutorul unei role cu suprafaţa bine polisată.

În cazurile cînd zgîrieturile pe emulsie sînt foarte accentuate (în special cele ce ajung pînă la suport), peliculele respective nu mai pot fi restaurate.

Îndepărtarea zgîrieturilor şi a frecăturilor de pe suport se realizează mai uşor.

Această operaţie se realizează cu ajutorul unei maşini speciale, a cărei schemă este redată în figura 215.

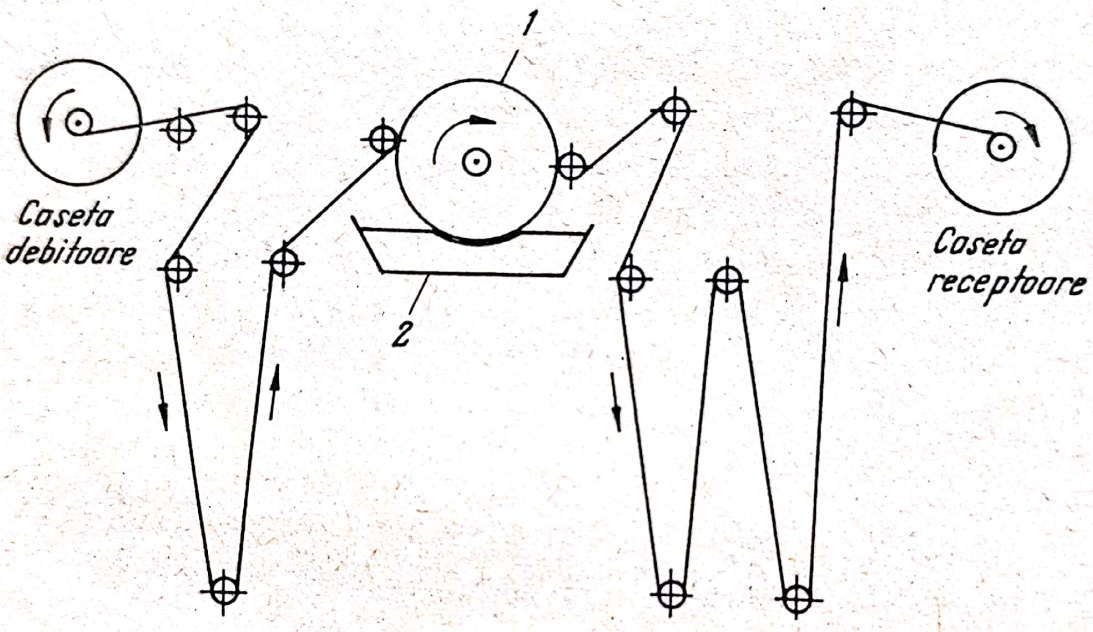



Fig.215. Schema de principiu a maşinilor pentru polisarea şi mătuirea peliculei pe suport.

Pelicula bine ştearsă în prealabil cu solvenţi organici, ajunge pe un disc de cristal 1, cu diametrul de circa 30 cm, care antrenează în mod continuu o soluţie specială din chiuveta 2. Această soluţie volatilă, compusă de exemplu din acetonă + eter etilic, dizolvă stratul superficial al suportului, care astfel se înmoaie. Concomitent, prin presarea efectuată de către disc zgîrieturile sau frecăturile se astupă. După aceasta pelicula trece peste o serie de role, timp în care soluţia de la suprafaţa suportului se volatilizează.

Dacă zgîrieturile nu sînt prea adînci, se utilizează discuri cu suprafaţa foarte bine polisată. Operaţia poartă denumirea de p o l i s a r e a s u p o r t u l u i.

Dacă zgîrieturile sînt grave, se folosesc discuri cu suprafaţa mătuită. Această operaţie, denumită m ă t u i r e a s u p o r t u l u i, formează pe suport o structură granulară care se transmite în imaginea materialelor copiate pe cale optică. De aceea, nu se recomandă utilizarea materialelor primare mătuite pentru copierea optică. Uneori, pentru atenuarea structurii granulare de pe suport, materialele mătuite sînt supuse apoi operaţiei de polisare.

Zgîrieturile şi frecăturile de pe suprafeţele peliculelor devin necopiabile dacă se acoperă cu un lac ce are acelaşi coeficient de refracţie ca şi suportul. Acelaşi efect se obţine şi cu ajutorul procedeului de copiere prin imersie (sub lichid). În acest caz, între cele două pelicule ce se copiază se află un strat de lichid volatil, care are, ca şi în cazul precedent , un coeficient de refracţie apropiat de cel al suportului.

## 3. Metode de restaurare pentru îndepărtarea altor genuri de defecte ale peliculelor

<u>Repararea perforaţiilor şi a marginilor deteriorate ale peliculei</u> se efectuează prin lipirea unor bucăţi de peliculă cu emulsia îndepărtată.

În acest scop se decupează porţiunea deteriorată şi se face lipirea bucăţii de peliculă cu soluţie de lipit.

Acest gen de reparaţii se mai fac şi cu bandă adezivă specială denumită s c o c i.

La montarea bucăţilor de înlocuire se va evita atingerea fonogramei şi a imaginii.

<u>Îndepărtarea petelor galbene</u> din emulsia peliculelor alb-negru datorate descompunerii resturilor de tiosulfat de

sodiu şi de săruri tiosulfurice de argint se efectuează prin oxidarea totală a imaginii argentice (de exemplu, cu ferricianură de potasiu) şi reformarea ei prin reducere cu o soluţie obişnuită de revelator.

Îndepărtarea petelor albicioase rezultate în urma uscării rapide a picăturilor de apă de pe emulsie şi suport se realizează printr-o spălare suplimentară a peliculei.

Îndepărtarea mucegaiului din emulsie se face prin tratarea peliculei într-o soluţie alcoolică de 1 % de dinitro - clorbenzen sau într-o soluţie apoasă de 1 % de triclorfenolat.

Refacerea planeităţii şi elasticităţii peliculei, care a devenit necorespunzătoare datorită uscării sau păstrării în condiţii incorecte, se realizează prin menţinerea timp de 12--24 ore a cutiilor cu pelicula slab derulată într-o încăpere umedă ($\varphi \approx 80\%$) şi cu temperatură mai coborîtă (maximum $20^{\circ}C$)

## 4. Tratamentul profilactic pentru limitarea uzurii peliculei

Scopul tratamentului profilactic al suprafeţelor peliculei, şi în primul rînd al emulsiei, este de a limita urmările uzurii filmelor, şi deci de a mări durata de exploatare a acestora.

Principala metodă de tratament profilactic constă în întinderea pe suprafeţele peliculelor a unor straturi incolore de protecţie, care se aplică de obicei imediat după developare.

Aceste straturi de protecţie măresc rezistenţa mecanică a peliculei la trecerea prin maşinile de copiat şi prin aparatele de proiecţie şi diminuează influenţa factorilor externi (umiditate, temperatură) asupra planeităţii şi dimensiunilor geometrice ale filmelor. Se obţine astfel o mărire a duratei de exploatare a filmelor de pînă la 100 %.

Încă de multă vreme se utilizează ca strat de protecţie pentru copiile pozitive de tiraj un strat subţire de ceară amestecată cu parafină, care se aplică pe toată suprafaţa emulsiei, fie numai pe fonogramă şi pe perforaţii. Acest strat protejează emulsia de zgîrieturi şi frecături şi asigură o deplasare mai uşoară a filmului prin aparatele de proiecţie. Stratul de ceară şi parafină se poate întinde la cald (prin topire)sau la rece (prin dizolvare în solvenţi organici).

În ultimii ani se întrebuinţează din ce în ce mai mult straturi de protecţie pe bază de alcool polivinilic. Pentru aplicarea stratului se folosesc maşini speciale prevăzute cu un disc metalic care antrenează o soluţie apoasă de alcool polivinilic 3o % şi o aplică pe emulsie în strat subţire. Se foloseşte pentru materialele negative şi intermediare ( lavenzi, contratipe).

Principalul avantaj al straturilor de protecţie pe bază de alcool polivinilic îl constituie solubilitatea acestora în apă, ele putînd fi astfel îndepărtate la nevoie printr-o simplă spălare.

Rezultate bune se obţin şi cu lacurile de protecţie pe bază de ulei de silicon. Uleiul de silicon se dizolvă într-un solvent organic (de exemplu tricloretilena), obţinîndu-se o soluţie de circa 5 %, care se aplică în strat subţire pe suprafaţa emulsiei.

Straturile pe bază de ulei de silicon sînt hidrofobe şi nu acumulează electricitatea statică prin frecare.

După datele din literatura de specialitate se pare că cel mai eficace strat de protecţie utilizat în prezent peste hotare este stratul denumit "Perma film", care asigură o protecţie foarte bună a peliculelor.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XXVI

## CONTROLUL TEHNIC AL PRELUCRĂRII PELICULEI. PRINCIPALELE DEFECTE

### 1. Rolul controlului tehnic în lanţul tehnologic al prelucrării peliculei

Controlul tehnic este un complex de măsurători, examinări şi aprecieri ce se fac sistematic asupra parametrilor calităţii tehnice a materialelor prelucrate sau primite spre prelucrare de către laboratoarele de prelucrare a peliculei.

După felul materialelor controlate se deosebesc trei linii importante în activitatea controlului tehnic:

- Controlul calităţii produselor finite înainte de livrarea lor. Acestea pot fi copii standard, diferite materiale primare, ca: lavenzi, contratipe, interpozitive, negative de sunet etc., destinate livrării.

- Controlul calităţii producţiei pe faze intermediare, ca, de exemplu: negativele-imagine după developare, copiile de lucru şi tehnice, lavenzile, contratipele şi interpozitivele executate pentru folosirea lor internă în vederea executării tirajelor, benzile de titluri şi vignete, diferite bobine de probă, lucrări speciale etc.

- Controlul calităţii materialelor primare primite din exterior în vederea executării tirajelor, ca: lavenzi, contratipe, interpozitive, negative de sunet etc.

Controlul produselor finite se face la terminarea executării lor, controlul pe faze se face pe parcursul fluxului tehnologic, după fiecare operaţie importantă intercalîndu-se o fază de control, iar controlul materialelor primare se face la primirea lor şi stă la baza recepţionării acestora.

Controlul tehnic de calitate îndeplineşte următoarele roluri principale:

Scanned with OKEN Scanner

- asigură livrarea producţiei la un nivel calitativ corespunzător, certificînd aceasta prin buletine de control eliberate pentru fiecare material livrat;

- stabileşte lucrările necorespunzătoare din punctul de vedere al calităţii tehnice, indică defecţiunile avute şi eliberează avize de refacere a lor;

- asigură controlul producţiei pe faze, oprind lucrările necorespunzătoare să mai urmeze fluxul tehnologic pînă la sfîrşit, limitînd astfel volumul rebuturilor;

- asigură calitatea corespunzătoare a materialelor primare primite pentru executarea de tiraje, refuzînd intrarea în lucru a celor necorespunzătoare;

- depistează cauzele rebuturilor, ţine evidenţa lor şi sesizează aceste cauze în mod operativ pentru intervenţii de remediere;

- contribuie la standardizarea proceselor şi producţiei, urmărind aplicarea tehnologiei prescrise, respectarea parametrilor de lucru standard şi ai celor de calitate rezultaţi la lucrările efectuate.

După natura mijloacelor şi a metodelor folosite, controlul calităţii tehnice a producţiei realizate în laboratoarele de prelucrarea peliculei este atît obiectiv, cît şi subiectiv.

Controlul obiectiv se face pe cale de măsurători şi el cuprinde acei parametri care pot fi exprimaţi pe această cale. Astfel, coeficienţii de contrast de prelucrare, densităţile de control ale scalelor, densitatea şi distorsiunile fonogramei, poziţia fonogramei, starea perforaţiilor etc. sînt parametri ce se măsoară cu aparatură de control adecvată, aprecierea lor făcîndu-se în mod obiectiv.

Controlul subiectiv se face pe cale de apreciere vizuală şi el cuprinde acele aspecte ale calităţii care nu pot fi măsurate pe cale obiectivă.

În această categorie intră contrastul vizual al imaginii în proiecţie, densitatea generală a imaginii, redarea şi ba-

lansul vizual al culorilor, acurateţea imaginii, inteligibilitatea şi sincronismul sunetului etc.

După felul parametrilor controlaţi, controlul calităţii tehnice poate fi clasificat în două categorii:

- controlul mecanic, prin care se verifică dimensiunile geometrice şi starea mecanică a materialelor;
- controlul fotografic prin care se face aprecierea proprietăţilor fotografice ale imaginii şi sunetului.

## 2. Controlul mecanic şi fotografic pe derulator

Acest control se face derulînd încet pe un derulator materialul de controlat şi observînd în acest timp starea suprafeţelor, iar din cînd în cînd oprindu-se derularea se analizează calitatea fotografică şi starea perforaţiilor. În caz de nevoie se măsoară adîncimea forţării sau plesniturii acestora cu ajutorul unei lupe speciale cu diferite repere. La copiile standard sau la negativele de sunet se măsoară totodată şi poziţia fonogramei cu un aparat denumit Rif.

În figura 216 este redat cîmpul vizual şi reperele lupei pentru determinarea degradării perforaţiilor, iar în figura 217 cîmpul vizual şi reperele aparatului pentru determinarea poziţiei fonogramei.

Totodată se fac şi măsurători de contracţie, determinînd pentru aceasta pasul perforaţiilor cu ajutorul unei rigle speciale.

Starea perforaţiilor va fi analizată mai departe. Fonograma nu trebuie să aibă o deplasare axială faţă de axa standard mai mare de $\pm$ 0,05 mm pentru negativele de sunet şi mai mare de $\pm$ 0,17 mm pentru copiile standard. Contracţia peliculei nu trebuie să depăşească valorile de + 0,1 % şi -0,3 %.

Derulatorul pentru efectuarea controlului mecanic trebuie să fie prevăzut cu două surse de lumină: una să permită examinarea materialului prin transparenţă (aprecierea calităţii fo-

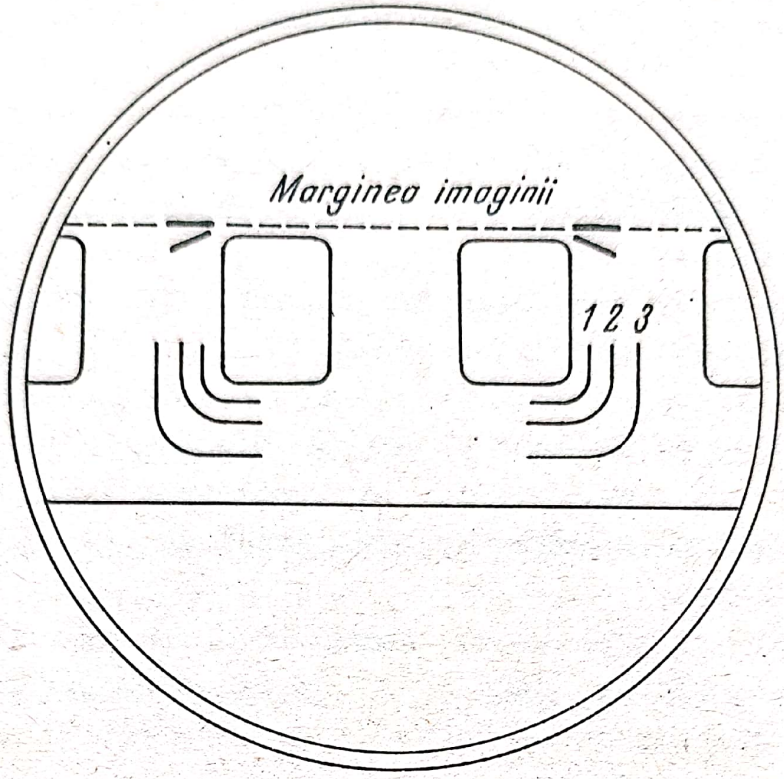



Fig.216. Cîmpul vizual şi reperele lupei pentru controlul perforaţiilor:
1- o,35 mm; 2- o,8o mm; 3- 1,5o mm.

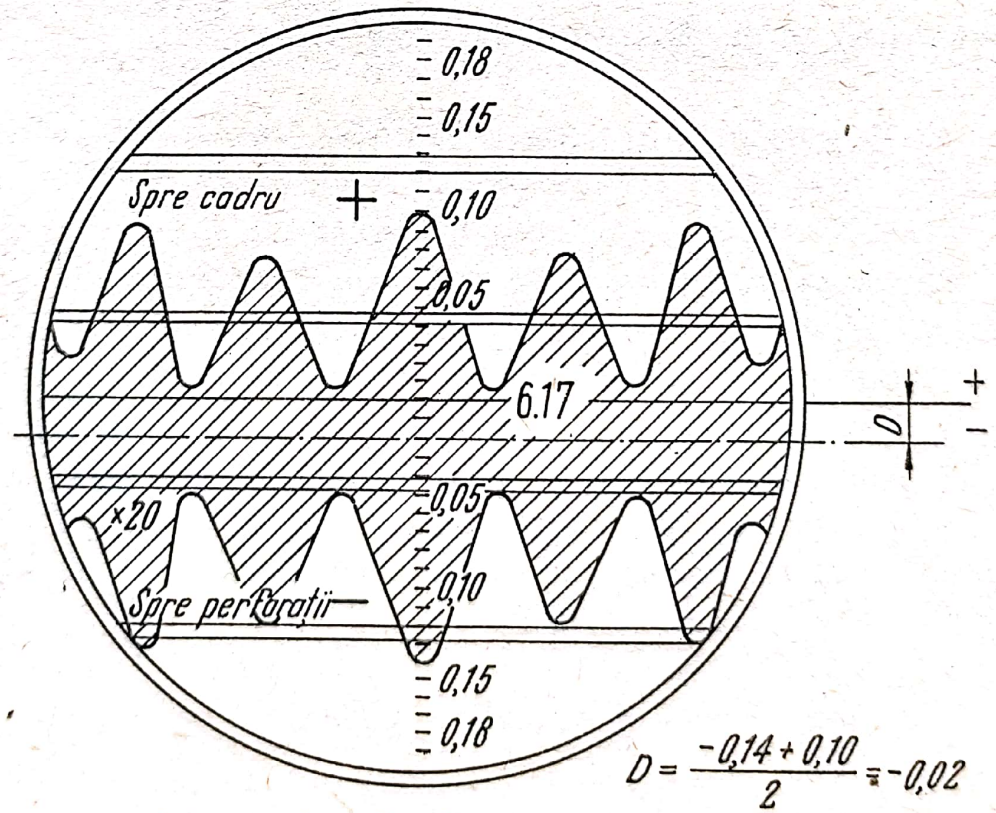



Fig.217. Cîmpul vizual şi reperele aparatului pentru determinarea deplasării fonogramei.

tografice) şi cealaltă să permită examinarea suprafeţelor în lumină reflectată.

Pentru examinarea suprafeţelor, pelicula se derulează cu mîna dreaptă, iar cu cea stîngă se ţine răsucită în aşa fel, încît privită sub un anumit unghi să reflecte lumina cu ambele suprafeţe.

În acest fel, cele mai fine zgîrieturi sau defecte ale acestora sînt uşor de observat.

În afara aprecierii calităţii fotografice în general,care se face concomitent cu efectuarea controlului mecanic, se urmăreşte în transparenţă şi lipsa unor eventuale pete,dungi, voaluri sau alte asemenea defecţiuni ce pot fi sesizate la acest control.

O dată cu efectuarea controlului mecanic şi fotografic după cum s-a arătat, se face şi verificarea parametrilor fotografici de prelucrare ca factorul de contrast $\gamma$ , densităţile de control, densităţile scalelor cînd este cazul etc.

3. Controlul prin vizionare pe ecran

a. <u>Controlul pe ecran.</u> Controlul fotografic efectuat la derulator este insuficient pentru a se putea aprecia într-o măsură satisfăcătoare calitatea fotografică a unei copii.Aceasta, atît din cauza dimensiunilor mici ale fotogramei pe peliculă (chiar în cazul examinării ei cu lupa), cît şi din cauza diferenţei foarte mari între efectul fotografic observat în transparenţă la derulator şi observarea lui în condiţiile proiecţiei, în care urmează a fi prezentat spectatorilor.

Totodată, unele defecţiuni nu pot fi sesizate decît în dinamica rulării copiei în condiţiile proiecţiei cinematografice pentru care a fost realizată.

Din această cauză, controlul fotografic se completează şi se definitivează prin examinarea copiei în proiecţie, pe ecran.

În acest scop se supun controlului tehnic prin vizionare pe ecran toate materialele destinate proiecţiei, respectiv copiile standard de toate categoriile, cît şi copiile de lucru şi tehnice; pentru aprecierea judicioasă a calităţii fotografice se vizionează pe ecran şi unele materiale primare, ca lavenzile şi interpozitivele.

Controlul prin vizionare pe ecran se face în săli de proiecţie special amenajate, care trebuie să îndeplinească anumite condiţii, ca:

- nivelul iluminării ecranului se aibă anumite valori bine determinate;

- temperatura de culoare să fie standardizată şi să reprezinte media celor întîlnite în diverse săli de cinematograf;

- iluminarea ecranului să fie uniformă pe toată suprafaţa;

- fluxul luminos,cît şi temperatura sa de culoare să fie constante în timp;

- imaginea conţinută pe copie să apară pe ecran în întregime la toate formatele;

- coloana sonoră să poată fi de asemenea proiectată şi observată pe ecran;

- întrucît în cazul multor vizionări este nevoie de a se observa concomitent două copii (pentru comparaţie), proiecţia trebuie să fie prevăzută cu posibilitatea de a se lucra în paralel pe două aparate şi ecrane, iar condiţiile luminooptice ale acestora să fie identice;

- sala de vizionare trebuie să aibă şi un echipament electroacustic de calitate corespunzătoare pentru aprecierea calităţii coloanei sonore.

Îndeplinirea acestor cerinţe este destul de greu de realizat în cazul aparatelor de proiecţie clasice echipate cu surse de lumină bazate pe arc electric cu cărbuni.

De aceea, în ultimul timp a luat extindere folosirea lămpilor cu Xenon, ca surse de lumină, şi folosirea acestora în aparatele de proiecţie destinate controlului tehnic aduce mari avantaje.

Scanned with OKEN Scanner

La vizionarea pe ecran se urmăresc şi se apreciază următorii factori de calitate :

- contrastul vizual al imaginii;
- densitatea generală (acoperirea) a imaginii;
- redarea corectă a culorilor, balansul de culoare şi lipsa dominantelor;
- claritatea;
- finețea granulaţiei;
- starea de curăţenie a imaginii (lipsa impurităţilor, a petelor, zonajelor, efluviilor, voalurilor etc.);
- stabilitatea imaginilor pe toate liniile;
- uniformitatea densităţii sunetului şi întinderea uniformă a pastei de developare la copiile color;
- sincronimsul şi inteligibilitatea dialogului.

b. Condiţiile tehnice de vizionare pentru diferite sortimente de lucrări. Aceste condiţii se referă la nivelul de iluminare a ecranului pe care se face vizionarea de control şi el trebuie să fie în concordanţă cu nivelul de iluminare a ecranelor pe care urmează să fie exploatate copiile respective, sau a scopului în care au fost executate.

În acest sens se folosesc trei nivele diferite de iluminare, după cum urmează.:

- 4oo lucşi pentru copiile speciale destinate vizionărilor în cadrul studiourilor, cum sînt: copiile de lucru, copiile tehnice, copia etalon, precum şi pentru lavenzi şi interpozitive;
- 25o lucşi pentru copiile de tiraj de 35 mm destinate reţelei cinematografice interne sau pentru export;
- 6o lucşi pentru copiile speciale executate în vederea folosirii lor exclusive în proiecţia de televiziune sau în aceea cu aparate de proiecţie portabile.

Fiecare din sortimentele de mai sus, vizionate pe un ecran cu nivelul de iluminare respectiv, trebuie să prezinte în condiţiile date o densitate (acoperire) normală.

4. Principalele defecţiuni ale imaginii
şi ale sunetului şi cauzele lor

a. Defecţiuni de fabricaţie ale peliculelor. Cu toate că după fabricaţie peliculele cinematografice se supun unui control de calitate riguros, se întîmplă uneori cazuri cînd în procesul de utilizare a lor apar defecţiuni datorită fabricaţiei lor. Acestea pot fi accidentale, pe porţiuni scurte de peliculă, prezentînd în acest caz o importanţă mai mică, alteori însă se pot întinde pe metraje mari, turnări sau chiar emulsii întregi.

Deosebit de grave, defecţiunile de peliculă sînt atunci cînd ele se manifestă pe negativele de imagine, unde fiecare cadru filmat reprezintă o valoare foarte mare.

Defecţiunile de peliculă se pot împărţi în două categorii principale: defecţiuni mecanice şi defecţiuni fotografice.

Defecţiunile mecanice mai des întîlnite sînt:

- defecţiuni de perforare afectînd starea, dimensiunile şi pasul perforaţiilor;

- praf de emulsie rezultat la perforare şi depus în locaşurile perforaţiilor de unde în timpul filmării sau al copierii se împrăştie pe suprafaţă;

- zgîrieturi, frecături şi ciupituri pe suprafeţe (emulsie sau suport).

Cauzele acestor defecţiuni constau în funcţionarea defectuoasă a maşinilor de perforat şi în manipularea neîngrijită a peliculelor în procesul de fabricaţie.

Defecţiunile fotografice mai des întîlnite şi cauzele lor sînt următoarele:

- variaţia densităţii pe parcursul unei bobine, fie pe toată suprafaţa peliculei, fie sub forma unor zonaje, pete, dîre. Aceasta se datoreşte neomogenităţii stratului fotosensibil sau întinderii lui neuniforme;

- pete colorate în cazul peliculelor color, datorită neuniformităţii unuia din straturi;

- debalans de culoare, datorit nerealizării în procesul de fabricaţie a condiţiei $\gamma_g = \gamma_p = \gamma_a$ (debalans de contrast al straturilor, curbele fiind încrucişate);

- dezlipirea stratului de emulsie, datorită slabei lui aderenţe la suport sau alunecare între ele a straturilor peliculelor color;

- putere rezolvantă scăzută datorită gradului mare de difuzie al luminii (antihalare ineficace la tipuri de peliculele ce reclamă acest lucru);

- voaluri cauzate de pătrunderea unei lumini actinice în procesul de fabricaţie, finisare sau ambalare;

- efluvii datorită folosirii la fabricarea suportului a unor materiale ce se încarcă uşor cu sarcini electrostatice. Acestea se manifestă sub forma unor ramificaţii asemănătoare fulgerelor sau a unor pete ce se impresionează pe pelicula virgină la derularea ei. Apariţia lor este favorizată şi de condiţiile de păstrare şi de manipulare a peliculei.

b. Defecţiuni provenite din filmare. Defecţiunile provenite din procesul de filmare se pot împărţi în două categorii principale; defecţiuni mecanice şi defecţiuni fotografice.

Defecţiunile mecanice mai des întîlnite şi cauzele lor sînt următoarele:

- Zgîrieturi pe suportul negativului (mai rar pe emulsie), datorită frecării peliculei cu unele suprafeţe deformate (lovite) sau murdare.

Acestea pot avea loc atît în spatele ferestrei de expunere, cît şi la ieşirea din caseta debitoare sau la intrarea în caseta receptoare. De asemenea, manipularea necorespunzătoare a peliculei negative în vederea pregătirii pentru filmare (derularea, încărcarea şi descărcarea casetelor) poate fi o cauză a acestor defecţiuni.

- Jocul imaginii (tremurături sau smucituri) pe verticală, orizontală sau în profunzime (pompare), datorită transportului necorespunzător şi fixării defectuoase a negativului în portiţă în timpul expunerii. Aceasta se poate datora fie unei

defecţiuni a sistemului de transport (grife, contragrife) a aparatului de filmat, fie unui pas necorespunzător al perforaţiilor peliculei.

- Porţiuni neexpuse sau cu diferenţe mari de expunere, datorită alunecării obturatorului pe axul de antrenare, provocată de defectarea sistemului de blocare respectiv.

- Neuniformitatea de expunere la începuturile de cadru, însoţită de pîlpîieli ale densităţii negativului pe parcurs, datorită funcţionării defectuoase a sistemului de antrenare a peliculei (motorul incorect alimentat, ungere nesatisfăcătoare, întărirea agentului de ungere la temperaturi scăzute etc.).

Defecţiunile fotografice cele mai importante şi cauzele lor sînt următoarele:

- Supraexpuneri sau subexpuneri ale negativului, datorită aprecierii eronate a sensibilităţii sale, a măsurătorilor luxmetrice eronate sau a instrumentelor defecte folosite în acest scop, a dereglării unghiului de expunere a obturatorului, a diafragmei defecte sau incorect reglate etc.

- Dominante puternice de culoare sau distorsiuni de culoare la filmele color, datorită nepotrivirii între temperatura de culoare a luminii folosite la filmare şi aceea pentru care a fost balansată pelicula (filtre necorespunzătoare) sau folosirii mai multor surse de lumină cu caracteristici spectrale diferite.

- Contrast vizual al imaginii prea scăzut, datorită unui raport de iluminare nepotrivit.

- Claritatea imaginii nesatisfăcătoare, datorită fie măsurării sau reglării eronate a distanţei dintre aparat şi subiect, fie dereglării obiectivului.

- Caşetări ale imaginii, datorită intrării în unghiul de cuprindere a obiectivului a diferite obiecte străine apropiate, ca: marginea parasolarului, husa etc.

- Reflexe şi halouri nedorite, provocate de unghiuri prea mici între sursele de lumină şi axa optică a obiectivului.

-Voaluri provocate de manipulări neatente ale peliculei (lumină actinică în camera obscură la încărcarea sau descărcarea casetelor) sau de neetanşeităţi la lumină a camerei de luat vederi sau a unora din casetele folosite.

c. Defecţiuni provenite din prelucrare. Defecţiunile provenite din prelucrare se pot de asemenea împărţi în două categorii principale: defecţiuni mecanice şi defecţiuni fotografice.

Defecţiunile mecanice mai des întîlnite şi cauzele lor sînt următoarele:

- Zgîrieturi şi frecături pe suport sau emulsie. Acestea pot fi provocate în procesul de copiere, în cel de developare, sau în diferite operaţii auxiliare în care are loc manipularea peliculelor.

- Forţări, ciupituri şi plesniturі ale perforaţiilor. Aceste defecţiuni sînt în general specifice trecerii peliculelor prin maşinile de developat şi numai rareori ele sînt provocate de alte utilaje.

- Topirea stratului de emulsie sau scorojirea suportului peliculei (bobina are aspect hexagonal în loc de rotund) se datoreşte întotdeauna fazei de uscare din procesul de developare, care se face fie la o temperatură prea ridicată, fie în condiţiile unei umidităţi relative a aerului prea scăzute.

- Jocul imaginii pe verticală, orizontală sau în profunzime. Această defecţiune provine întotdeauna din procesul de copiere şi ea poate fi provocată fie de o defecţiune a maşinii de copiat, fie de contracţii necorespunzătoare ale celor două pelicule ce se copiază.

Defecţiunile fotografice mai importante şi cauzele lor sînt următoarele:

- Contrastul sensitometric prea ridicat sau prea scăzut, datorită timpului sau temperaturii de developare necorespunzătoare.

- Densitatea generală (acoperirea) a imaginii de asemenea prea ridicată sau prea scăzută. Cauza acestei defecţiuni poate consta atît în procesul de copiere, cît şi în cel de developare.

Scanned with OKEN Scanner

- Redarea culorilor nesatisfăcătoare, dominantă de culoare. Această defecţiune se poate datora de asemenea fie copierii, fie developării.

- Claritatea slabă a imaginii, care este determinată de procesul de copiere.

- Impurităţi, pete, zonaje şi voaluri pe imagine. Aceste defecţiuni pot fi provocate atît de procesul de copiere, de cel de developare, cît şi de alte operaţii auxiliare cărora se supune pelicula pe parcursul fluxului tehnologic.

- Densitatea fonogramei mai mică sau mai mare decît cea necesară. Defecţiunea se poate datora fie copierii, fie developării.

- Distorsiuni însemnate în fonogramă, datorate clarităţii reduse de copiere sau "nodurilor" provocate în timpul acesteia.

- Redeveloparea fonogramei neuniforme sau întrerupte în cazul copiilor color, provocată fie de funcţionarea defectuoasă a dispozitivului de redevelopare, fie de supravegherea neatentă a lui.

## 5. Stările tehnice ale copiilor de film

Copiile de tiraj exploatate în cinematografe trebuie să facă faţă în mod satisfăcător unui anumit număr minim de rulări (în cazul filmelor de 7o mm şi 35 mm, 4oo de rulări, iar în cazul celor de 16 mm, 25o de rulări). Calitatea unei copii de a putea efectua un număr oarecare de rulări se defineşte prin "starea sa tehnică".

S t a r e a  t e h n i c ă a copiilor de film trebuie să fie foarte bună la început, iar pe măsura folosirii lor scăderea ei să se facă treptat, proporţional cu numărul de rulări efectuate, astfel ca, pînă ce aceasta devine improprie pentru ca copia să mai fie proiectată, ca să fie realizat numărul de rulări prevăzute.

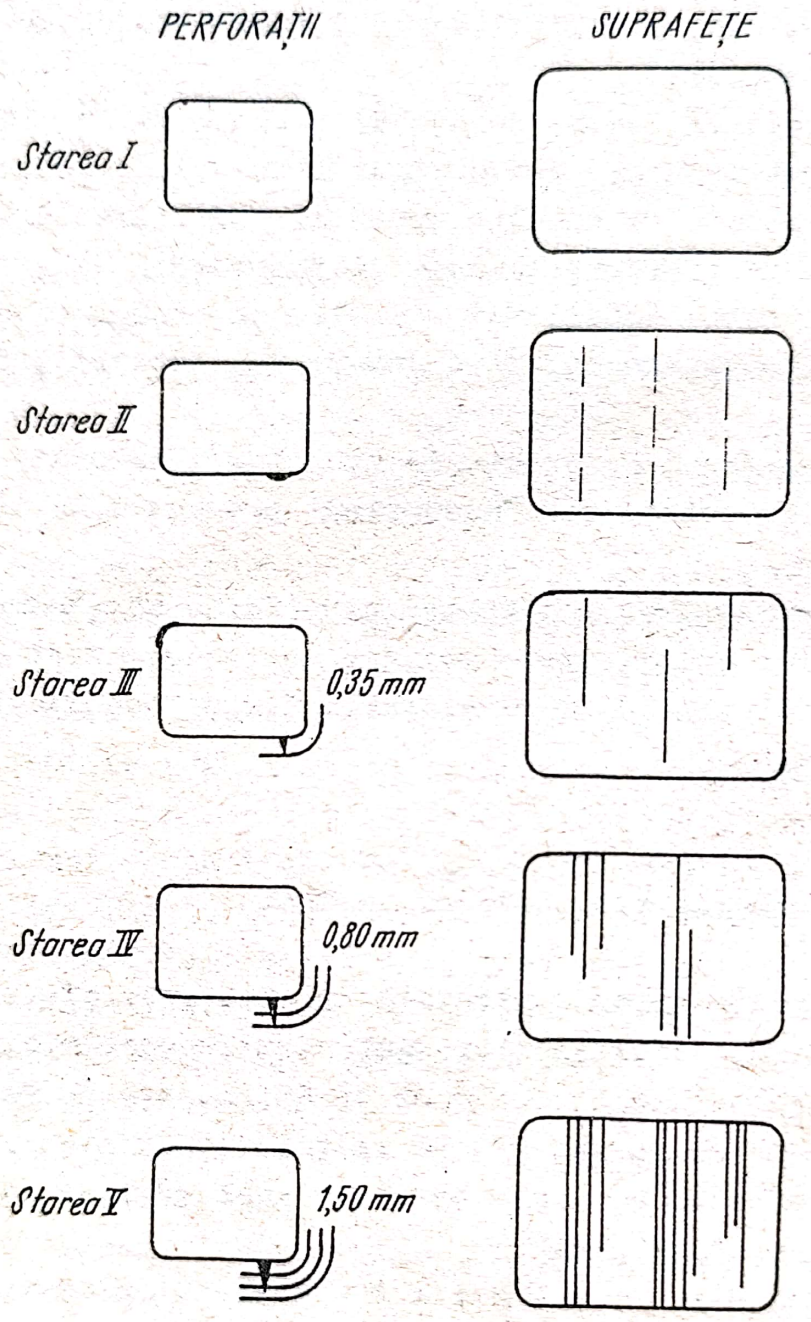



Fig.218. Aspectul perforaţiilor şi al suprafeţelor copiei în cele cinci stări tehnice.

Scanned with OKEN Scanner

Din această cauză, starea tehnică a copiilor de film se stabileşte cu exactitate de la început şi ea este urmărită pe parcursul exploatării pînă la scoaterea lor din folosinţă.

Starea tehnică a copiilor de film se stabileşte pe baza a două elemente: starea perforaţiilor şi starea suprafeţelor.

La perforaţii se analizează gradul lor de deteriorare, iar la suprafeţe - gradul lor de zgîriere.

După gravitatea acestor două feluri de defecţiuni se stabilesc cinci stări tehnice. În starea I se consideră peliculele fără nici un fel de asemenea defecţiuni. Acest caz fiind destul de rar întîlnit, nu s-a prevăzut pentru această stare un număr oarecare de rulări.

Starea II cuprinde acele copii la care perforaţiile sînt uşor forţate, iar suprafeţele au zgîrieturi intermitente foarte fine; numărul de rulări prevăzut la această stare este de 0-45.

Starea III cuprinde copiile la care perforaţiile pot fi plesnite pînă la o adîncime de 0,35 mm, iar suprafeţele au zgîrieturi adînci rare, precum şi zgîrieturi fine şi dese; numărul de rulări prevăzut pentru această stare este de 45-150.

Starea IV cuprinde copiile la care perforaţiile pot fi plesnite pînă la o adîncime de 0,80 mm, iar suprafeţele au zgîrieturi adînci dese; numărul de rulări prevăzut pentru această stare este de 150-320.

Starea V cuprinde copiile la care perforaţiile pot fi plesnite pînă la o adîncime de 1,50 mm, iar suprafeţele au zgîrieturi adînci, dese şi late; numărul de rulări prevăzut pentru această stare este de 320-400.

După depăşirea stării a V-a copiile se scot din folosinţă.

În figura 218 sînt reprezentate schematic aspectul perforaţiilor şi al suprafeţelor copiilor în cele cinci stări tehnice arătate.

Stabilirea stării tehnice a copiilor se face pe baza controlului mecanic la derulator, care se execută în condiţiile şi cu mijloacele arătate anterior.

Capitolul XXVII

# PRINCIPALELE TIPURI DE PELICULE UTILIZATE ÎN CINEMATOGRAFIE

## 1. Clasificarea peliculelor cinematografice

Peliculele cinematografice pot fi clasificate după mai multe criterii, dintre care cele mai răspîndite sînt:

- dimensiunile geometrice;
- destinaţie;
- sensibilitate spectrală.

În funcţie de dimensiunile geometrice (respectiv lăţimea peliculei) se disting următoarele tipuri de pelicule cinematografice:

- P e l i c u l e d e 7o mm/65 mm. Acestea sînt folosite în sistemele ecranelor panoramice în două variante: negativul şi pozitivul de 7o mm, sau negativul de 65 mm şi pozitivul de 7o mm.

- P e l i c u l e d e 35 mm. Sînt folosite în cea mai mare măsură, pe ele realizîndu-se formatul "normal" şi ecran lat. Atît negativele cît şi pozitivele, precum şi peliculele intermediare din această categorie au aceeaşi lăţime.

- P e l i c u l e d e 32 mm (2 x 16 mm). Sînt utilizate pentru executarea tirajului copiilor de 16 mm realizate prin transpunere optică după materiale primare de 35 mm. După prelucrare aceste pelicule se taie în două benzi de 16 mm.

- P e l i c u l e d e 16 mm. Sînt utilizate pentru producţia de filme de format redus, prin procedeul clasic negativ-pozitiv sau prin cel reversibil.

- P e l i c u l e d e 8 mm (2 x 8 mm şi 1 x 8 mm). Acestea sînt utilizate de amatori şi sînt în general reversibile.

În funcţie de destinaţie, peliculele cinematografice se pot împărţi în cinci categorii principale:

- P e l i c u l e  n e g a t i v e. Din această categorie fac parte peliculele destinate filmării şi după sensibilitatea lor la lumină se desprind trei grupe: pelicule negative de sensibilitate redusă, avînd o granulaţie foarte fină, de sensibilitate medie, numite şi pelicule negative universale, şi de înaltă sensibilitate, folosite mai ales în cazul reportajelor.

- P e l i c u l e  p o z i t i v e, care sînt destinate realizării copiilor de filme de toate categoriile.

- P e l i c u l e  d e  c o n t r a t i p a r e. Acestea sînt pelicule concepute special în acest scop şi dintre ele fac parte peliculele dup-pozitiv şi dup-negativ alb-negru, peliculele color intermediare, pelicule speciale pentru interpozitive de selecţie etc.

- P e l i c u l e  d e  s u n e t, care sînt destinate înregistrării optice a fonogramei, ele fiind utilizate ca negative de sunet.

- P e l i c u l e  r e v e r s i b i l e, concepute special pentru a fi folosite prin prelucrare reversibilă.

În funcţie de sensibilitatea lor spectrală, peliculele cinematografice se împart în următoarele categorii:

- P e l i c u l e  n e s e n s i b i l i z a t e  în mod special. Acestea au sensibilitatea caracteristică halogenurilor de Ag în zona indigo a spectrului (pînă la $\lambda$ = 520 m$\mu$). Din această categorie fac parte peliculele pozitive alb-negru, negativele de sunet, precum şi unele pelicule de contratipare alb-negru.

- P e l i c u l e  o r t o c r o m a t i c e, avînd o sensibilizare spectrală pînă la $\lambda$ = 580 m$\mu$, sînt utilizate foarte puţin în cinematografie.

- P e l i c u l e  p a n c r o m a t i c e. Acestea sînt sensibile la întregul spectru vizibil (pînă la $\lambda$ = 660 m$\mu$). Din această categorie fac parte toate peliculele negative de

imagine alb-negru, precum şi unele pelicule speciale de contratipare alb-negru sau pentru interpozitive de selecţie pentru filmele color.

- P e l i c u l e  i n f r a c r o m a t i c e, sensibile pentru zona infraroşie a spectrului pînă la $\lambda$ = 750 m$\mu$, sînt utilizate ca negative de imagine în cazuri speciale.

- P e l i c u l e  c o l o r, sensibile la toate radiaţiile din zona vizibilă a spectrului. Acestea au în general trei straturi sensibile suprapuse, fiecare din ele fiind sensibilizate selectiv la cîte o treime din spectrul vizibil. În urma developării, în fiecare din straturi dezvoltîndu-se un anume colorant, ele permit obţinerea imaginii fotografice color.

## 2. Dimensiunile peliculelor şi formatelor imaginii

a. <u>Dimensiunile geometrice ale peliculelor cinematografice.</u> După cum s-a arătat mai înainte, peliculele cinematografice se fabrică cu diferite lăţimi: 70 mm, 35 mm; 16 mm; 8 mm etc.

Fiecărei lăţimi îi corespund şi dimensiuni ale perforaţiilor bine determinate.

Dimensiunile geometrice ale peliculelor cinematografice au o deosebită importanţă pentru trecerea lor în bune condiţii prin aparatele de filmat, de copiat şi de developat sau de proiecţie.

Dintre dimensiunile geometrice cele mai importante sînt: lăţimea peliculei, poziţia şi dimensiunile perforaţiilor precum şi pasul lor.

Aceste dimensiuni sînt riguros standardizate şi ele sînt date în figura 219.

b. <u>Dimensiunile fotogramei şi ale fonogramei în diferite formate.</u> În prezent, în reţeaua cinematografică în majoritatea ţărilor se folosesc concomitent mai multe formate ale

imaginii. Unele dintre acestea folosesc pelicule speciale (ecranul panoramic), altele sînt variante ce folosesc aceeaşi peliculă (ecranul normal şi ecranul lat de exemplu).

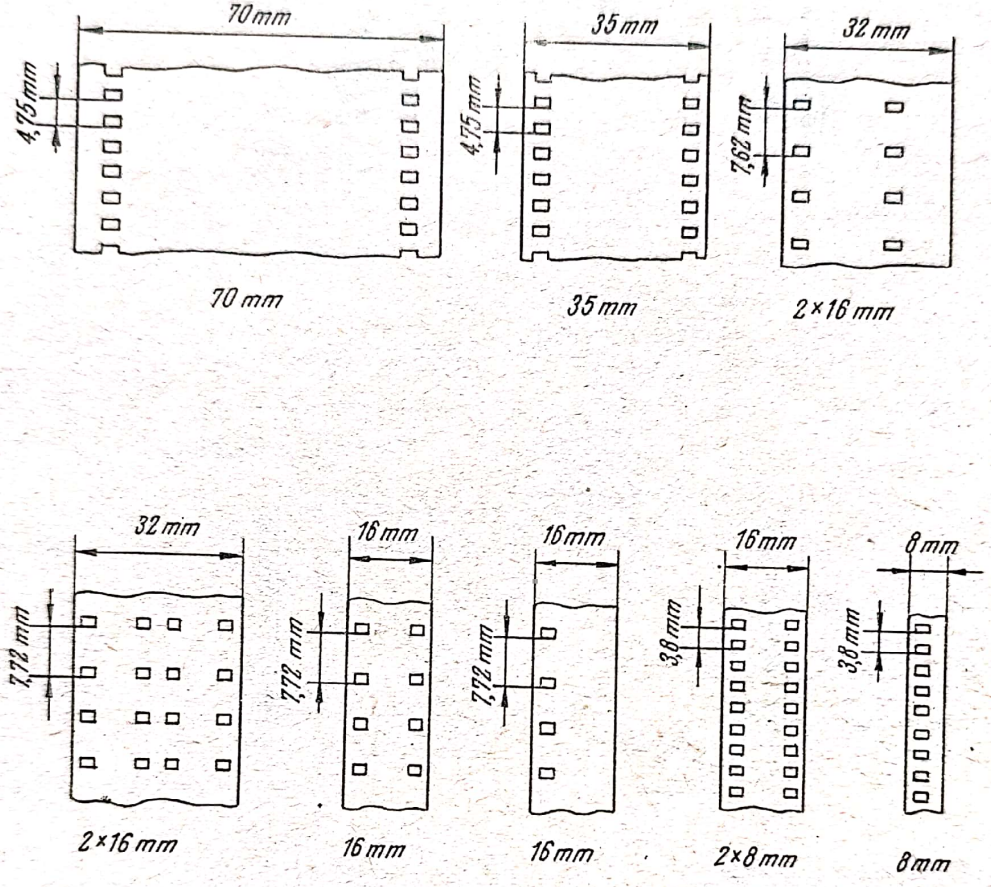
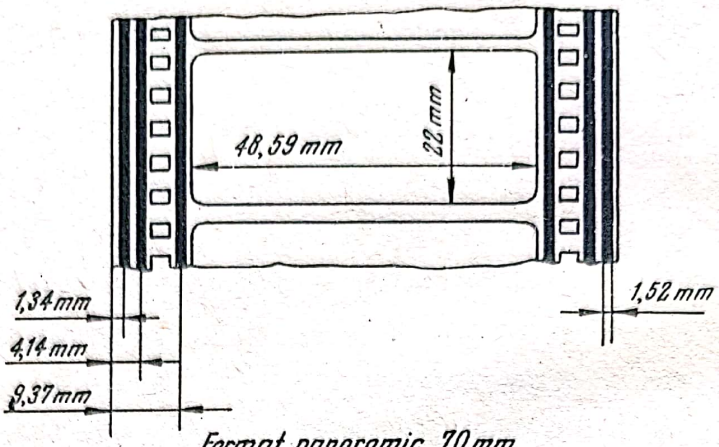
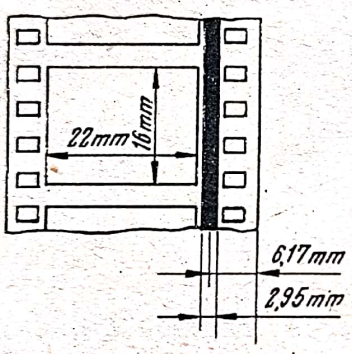



Fig.219. Dimensiunile geometrice ale peliculelor cinematografice.

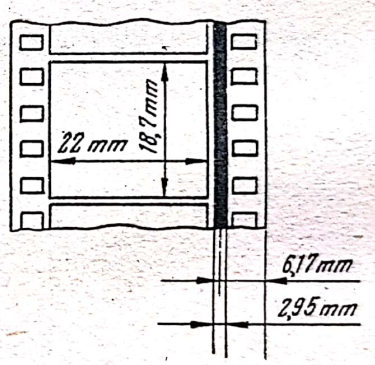
Cele mai răspîndite formate sînt:
- 70 mm (ecran panoramic);
- 35 mm (ecran normal);
- 35 mm (ecran lat cu anamorfozare);
- 16 mm (folosit în televiziune, cinematografele sătești şi de amatori;
- 8 mm (format exclusiv pentru amatori).



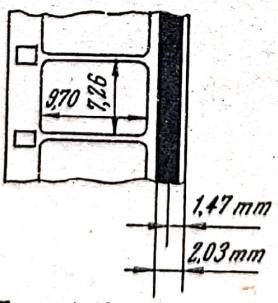

Format panoramic 70 mm
6 fonograme magnetice



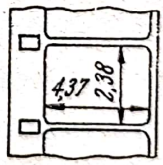

Format 35mm normal
fonogramă optică




Format 35mm ecran lat
fonogramă optică




Format 16 mm
fonogramă optică




Format 8 mm
fără fonogramă

Fig.22o. Dimensiunile fotogramei şi fonogramei pentru diferite formate.

Scanned with OKEN Scanner

De la un format la altul, dimensiunile cît şi poziţia fotogramelor şi a fonogramelor diferă.

Aceşti parametri privesc numai peliculele prelucrate şi au de asemenea o importanţă foarte mare, fiind standardizaţi pentru fiecare format. În figura 22o sînt date dimensiunile şi poziţiile fotogramelor şi fonogramelor pentru diferite formate.

3. Tipuri de pelicule

a. Pelicule negative alb-negru şi color. Caracteristicile specifice ale acestor pelicule atît alb-negru cît şi color sînt următoarele:

- sensibilitate la lumină ridicată, variind de la un tip la altul între 15 şi 27°DIN;
- sensibilitate spectrală în toată zona vizibilă a spectrului, cu excepţia unor tipuri speciale care sînt sensibilizate în domeniul infraroşu;
- factorul de contrast $\gamma$ scăzut, avînd în general valoarea optimă o,65;
- latitudine fotografică mare;
- strat special antihalo cu o bună eficacitate.

Peliculele negative color au balansul optim de sensibilitate la culoare realizat pentru iluminarea cu lămpi cu incandescenţă (32oo°K).

La utilizarea lor la lumină de zi se foloseşte un filtru de corecţie ce se pune în faţa obiectivului de filmare şi care are rolul de a modifica componenţa spectrală a luminii de zi în concordanţă cu cea a luminii de incandescenţă. Asemenea filtre sînt spre exemplu filtrul ORWO K 19 pentru pelicula negativă ORWO color sau filtrul Wratten 85 pentru pelicula negativă Eastman color.

Sînt şi unele fabrici care produc diferenţiat tipuri de pelicule negativ color; unele pentru lumină de incandescenţă şi altele pentru lumină de zi. În acest din urmă caz, folosirea filtrelor nu mai este necesară.

Pentru înlăturarea distorsiunilor în redarea culorilor ce apar datorită curbelor de absorbţie spectrală ale coloranţilor folosiţi, peliculele negative color de bună calitate sînt prevăzute cu măşti de corecţie încorporate în straturile II şi III.

Peliculele negative alb-negru şi color sînt destinate filmărilor de imagini în cele mai variate condiţii de iluminare.

Prin realizarea unor valori foarte ridicate a indicilor de sensibilitate la unele pelicule negative alb-negru s-a ajuns să se poată efectua filmări în bune condiţii chiar şi pe timp nefavorabil(ploaie,cer puternic înnorat etc.),precum şi noaptea pe străzi mai luminate,bulevarde sau în interioare, fără a mai fi strict necesară o iluminare specială.

Prelucrarea negativelor, în general, se execută pe maşini de developat de bună calitate, avînd o agitaţie puternică a revelatorului.

Pentru negativele alb-negru se folosesc revelatori de contrast scăzut, egalizatori, cu conţinut redus de KBr, cel mai utilizat fiind revelatorul Kodak D-76.

Negativele color se prelucrează în revelatorii şi soluţiile prescrise de fabricile producătoare pentru fiecare tip în parte, iar obţinerea unor rezultate bune în prelucrarea lor este condiţionată de respectarea riguroasă a acestor prescripţii.

Dintre peliculele negative alb-negru folosite pe o scară largă la noi sînt cele produse de firma ORWO, tipurile NP-5 şi NP-7, şi cele ale firmei Kodak, tipurile plus X, double X şi tri X.

Dintre peliculele negative color, studiourile noastre folosesc pe o scară largă negativul Kodak Eastman color, precum şi negativul ORWO color.

În tabela 21 sînt date principalele tipuri de pelicule negative alb-negru, iar în tabela 22 principalele tipuri de pelicule negative color produse de diferite firme.

Tabela 21

Principalele tipuri de pelicule negative alb-negru

| Firma | Denumirea peliculei | Sensibilitatea | | | | $\gamma$ recomandat | Observaţii |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | DIN | | ASA | | | |
| | | lumină de zi | incandescentă | lumină de zi | incandescentă | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ORWO (R.D.G.) | NP-3 | 15 | - | 25 | - | 0,65-0,70 | - pentru filmare la lumina soarelui |
| | NP-5 | 20 | 20 | 80 | 80 | 0,65-0,70 | - universală |
| | NP-7 | - | 27 | - | 400 | 0,65-0,70 | - pentru filmare în condiţii dificile de iluminare (reportaje, noaptea etc.) |
| | INFRA NI 750 | - | - | - | - | - - | - pentru filmări speciale; sensibilizată pentru radiaţiile infraroşii |
| KODAK (S.U.A. Anglia Franţa) | Plus X Panchromatic | - | - | 80 | 64 | 0,60-0,70 | - universală |
| | Double X Panchromatic | - | - | 250 | 200 | 0,60-0,70 | - pentru filmări în condiţii de lumină slabă |



Scanned with OKEN Scanner

Tabela 21 (continuare)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KODAK (S.U.A., Anglia, Franţa) | Tri X Panchromatic | - | - | 320 | 250 | 0,60-0,70 | - pentru filmări în condiţii dificile de iluminare (reportaje noaptea, etc.) |
| | 4 X Panchromatic | - | - | 500 | 400 | 0,60-0,70 | - idem |
| URSS | KN-1 | 13 | 13 | 15 | 15 | 0,65 | - granulaţie deosebit de fină |
| | KN-2 | 16 | 16 | 35 | 35 | 0,65 | - granulaţie fină |
| | KN-3 | 23 | 23 | 100 | 100 | 0,65 | - universală |
| | KN-4 | 25 | 27 | 300 | 400 | 0,65 | - pentru filmări în condiţii de lumină slabă |
| AGFA GEVAERT (R.F.G. Belgia) | I F F | 15 | - | 25 | - | 0,65 | - granulaţie deosebit de fină |
| | I F | 21 | - | 100 | - | 0,65 | - universală |
| | I S S | 24 | - | 200 | - | 0,65 | - universală |
| | I S U | 27 | - | 400 | - | 0,65 | - pentru filmări în condiţii de lumină slabă |
| | I R | 29 | - | 650 | - | 0,65 | - pentru filmări în condiţii de lumină deosebit de slabă |
| AGFA GEVAERT (R.F.G., Belgia) | Gevapan 30 | 20 | 19 | 80 | 64 | 0,65 | - universală |
| | Gevapan 36 | 25 | 24 | 250 | 200 | 0,65 | - pentru filmări în condiţii de lumină slabă |



Scanned with OKEN Scanner

Tabela 21 (continuare)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FERRANIA (Italia) | Panchro C-7<br>Panchro P-3o | 21<br>22 | 2o<br>21 | 1oo<br>125 | 8o<br>1oo | o,65<br>o,65-o,7o | universală<br>universală |
| ILFORD (Anglia) | FP-3<br>HP-3<br><br>HPS | 19<br>24<br><br>27 | 18<br>23<br><br>26 | 64<br>2oo<br><br>4oo | 5o<br>16o<br><br>32o | o,6-o,7<br>o,6-o,7<br><br>o,6-o,7 | - universală<br>- pentru filmări la lumina slabă<br>- pentru filmări la lumina foarte slabă |
| DUPONT (S.U.A.) | Superior 2<br><br>Superior 4<br><br>T V Recording | -<br><br>-<br><br>- | -<br><br>-<br><br>- | 125<br><br>32o<br><br>- | 1oo<br><br>25o<br><br>- | o,65<br><br>o,65<br><br>1,2-1,6 | - universală; cu suport obişnuit sau Kronar<br>- pentru filmări la lumină slabă<br>- pentru filmări după ecranul de televizor |

Principalele tipuri de pelicule negative COLOR — Tabela 22

| Firma | Denumirea peliculei | Sensibilitatea DIN | | Sensibilitatea ASA | | γ recomandat | Observaţii |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | de zi | incandescentă | de zi | incandescentă | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ORWO | ORWOCOLOR NC - 1 | - | 17 | - | 40 | 0,7 ± 0,1 | - pentru filmări cu lămpi cu incandescenţă sau la lumina de zi cu filtrul ORWO K - 14 |
| KODAK | Eastmancolor tip 5251 | - | - | 32 | 50 | 0,65 | - pentru filmări cu lămpi cu incandescenţă sau la lumina de zi cu filtrul Wratsen 85; straturile 2 şi 3 au măşti de corecţie încorporate |
| U.R.S.S. | DS - 2 | 15 | - | 30 | - | 0,6-0,75 | - pentru filmări la lumina de zi |
| | LN - 3 | - | 17 | - | 40 | 0,6-0,75 | - pentru filmări la lumină de incandescentă |



Scanned with OKEN Scanner

Tabela 22 (continuare)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| U.R.S.S. | DS-5 | 15 | - | 30 | - | 0,6-0,75 | - pentru filmări la lumina de zi; cu măşti încorporate |
| | LN-5 | - | 15 | - | 30 | 0,6-0,75 | - pentru filmări la lumină de incandescenţă; cu măşti încorporate |
| AGFA GEVAERT | Agfacolor tip 3 | 17 | 17 | 40 | 40 | 0,60 | - universală (pentru lumină de zi şi de incandescenţă) |
| | Agfacolor tip 4 | 20 | 20 | 80 | 80 | 0,60 | - idem |
| | Gevacolor tip 653 | 13 | 15 | 16 | 25 | 0,6-0,75 | - pentru filmări cu lămpi cu incandescenţă sau la lumină de zi cu filtru |
| FERRANIA | Ferraniacolor tip 82 | - | 15 | - | 20 | 0,65 | - pentru filmări cu lămpi cu incandescenţă sau cu lumină de zi cu filtru |

b. Pelicule negative de sunet. Caracteristicile principale ale acestor pelicule sînt următoarele:

- factorul de contrast foarte ridicat în cazul celor destinate procedeului de înregistrare a sunetului transversal ( $\gamma$ = 3,o...4,o) sau foarte coborît în cazul celor destinate procedeului intensiv ( $\gamma$ = o,4...o,6);
- putere rezolvantă mare obţinută pe calea unei antihalări speciale;
- granulaţie foarte fină;
- sensibilitate cromatică numai în zona indigo a spectrului vizibil (emulsii nesensibilizate special).

Peliculele negative de sunet sînt destinate înregistrării fonogramei optice şi folosirii lor, apoi la copierea copiilor standard ca negative de sunet.

Inregistrarea fonogramei optice poate fi făcută fie prin metoda transversală, fie prin metoda intensivă, alegînd faţă de aceasta tipul de peliculă negativă de sunet corespunzător.

Datorită factorului de contrast foarte ridicat, precum şi calităţii lor de a da o bună definiţie imaginilor în linii, aceste pelicule sînt folosite pe scară largă şi pentru efectuarea unor lucrări speciale, ca: titluri, texte, generice, inserturi, diferite măşti etc.

Prelucrarea negativelor de sunet se face în revelatori de mare contrast, cu un conţinut relativ ridicat de KBr. In multe laboratoare, aceste pelicule se developează în procesul pozitiv alb-negru al cărui revelator corespunde pentru acest scop.

La developarea negativelor de sunet în procesul pozitiv alb-negru trebuie avut grijă ca faza de uscare să fie astfel reglată încît să asigure uscarea lor, întrucît acestea, avînd stratul de emulsie mai gros decît pozitivele alb-negru, uscarea se face mai greu.

Din peliculele negative de sunet în studiourile noastre se folcseşte pelicula ORWO TF-6.

In tabela 23 sînt date principalele tipuri de pelicule negative de sunet produse de diferite firme.

Tabela 23

Principalele tipuri de pelicule negative de sunet

| Firma | Denumirea peliculei | $\gamma$ recomandat | Observații |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ORWO | TF-6 | 4,0± 0,4 | - pentru înregistrarea fonogramelor transversale |
| KODAK | Sound Recording tip 5301 | 2,0-2,5 (0,4-0,6) | - universală, pentru înregistrarea fonogramelor fie transversale, fie intensive |
| | Sound Recording tip 5373 | 0,4-0,6 | - pentru înregistrarea fonogramelor intensive |
| | Sound Recording tip 5375 | 3,0-3,2 | - pentru înregistrarea fonogramelor transversale |
| U.R.S.S. | Z T 6 | 2,4-2,6 | - pentru înregistrarea fonogramelor transversale |
| | Z T 7 | 3,0 | - idem |
| AGFA GEVAERT | S T 3 | 0,4-0,6 | - pentru înregistrarea fonogramelor intensive |
| | S T 4 | 2,7-3,0 | - pentru înregistrarea fonogramelor transversale |
| | S T 6 | 3,0-2,5 | - idem |
| FERRANIA | S A V | 3,0 | - pentru înregistrarea fonogramelor transversale |



Scanned with OKEN Scanner

c. Pelicule pozitive alb-negru şi color. Peliculele pozitive alb-negru şi color au următoarele caracteristici principale:

- factorul de contrast ridicat ( $\gamma > 2,5$);
- densitatea de voal Do foarte redusă;
- putere rezolvantă mare;
- granulaţie fină sau chiar foarte fină;
- sensibilitate cromatică numai în zona indigo a spectrului vizibil (emulsii nesensibilizate); pozitivele color au sensibilizarea zonală, pe fiecare din cele trei straturi, corespunzătoare principiului clasic al procedeelor color pe pelicule cu mai multe straturi.

Peliculele pozitive color, pentru a reproduce cît mai satisfăcător culorile, trebuie să aibă coeficienţii de contrast ai celor trei straturi egali sau cu valori foarte apropiate (balansul de contrast).

Între aceste pelicule sînt unele tipuri la care ordinea clasică a straturilor (g,p,a) este schimbată, devenind p,a,g.

Aceste pelicule pozitive se numesc c u s t r a t u r i i n v e r s a t e şi au o putere rezolvantă mult mai bună decît cele clasice.

Peliculele pozitive alb-negru şi color sînt destinate obţinerii copiilor de filme de toate categoriile.

Prelucrarea lor se face pe maşini de developat de mare productivitate. Pentru cele alb-negru se folosesc revelatori contrast, cu un conţinut KBr de 2,o-2,5 g/l.

Peliculele pozitive color se prelucrează în revelatorii şi soluţiile prescrise de fabricile producătoare pentru fiecare tip în parte. Obţinerea rezultatelor optime în prelucrarea lor este posibilă numai prin respectarea acestor prescripţii.

Pentru obţinerea unei fonograme de calitate corespunzătoare pe peliculele pozitive color, procesele lor de prelucrare includ şi o fază specială, în care are loc un tratament adecvat al ei (redeveloparea fonogramei color).

Scanned with OKEN Scanner

Dintre peliculele pozitive alb-negru şi color, în laboratoarele noastre se folosesc pe scară largă următoarele tipuri:

- pentru copii alb-negru, pelicula ORWO PF-2;
- pentru copii color, peliculele ORWO color PC-5, PC-7 şi pelicula Eastman color tip 5385.

În tabela 24 sînt date principalele tipuri de pelicule pozitive alb-negru şi color produse de diferite firme.

d. Pelicule de contratipare alb-negru şi color. Peliculele de contratipare alb-negru şi color au următoarele caracteristici principale:

- factorul de contrast, diferenţiat în funcţie de destinaţie (dup-pozitive $\gamma$ = 1,4...2,0; dup-negative $\gamma$ =0,6-0,7, interpozitive şi internegative color $\gamma$ =1,0...1,1 etc.) şi corespunzător cu cerinţele de principiu ale proceselor de contratipare;
- putere rezolvantă foarte mare;
- granulaţie deosebit de fină;
- sebsibilitate cromatică fie numai în zona indigo a spectrului, fie în toate zonele vizibile (peliculele de contratipare pancromatice) sau sensibilizare zonală diferenţiată pe fiecare din cele trei straturi în cazul peliculelor color conform principiului procedeelor color pe pelicule cu mai multe straturi.

Peliculele de contratipare alb-negru pancromatice sînt produse special pentru obţinerea de dup-pozitive sau dup-negative alb-negru după negative şi, respectiv, interpozitive color.

Peliculele de contratipare color pentru procedeul interpozitiv-internegativ sînt de obicei prevăzute cu măşti de corecţie încorporate. La aceste pelicule are o mare importanţă realizarea balansului de contrast între straturi ($\gamma g = \gamma p = \gamma a$).

În afara acestora, pentru contratiparea color se fabrică şi peliculele dup-reversibile color, - de exemplu ORWO color DC-2, în vederea obţinerii de contratipe color prin copiere

Tabela 24

Principalele tipuri de pelicule pozitive alb-negru și color

| Firma | Denumirea peliculei | $\gamma$ recomandat | Observații |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ORWO | Pozitiv film PF-1 | 2,4 ± o,2 | - pentru copierea diferitelor copii alb-negru |
| | Pozitiv film PF-2 | 3,1 ± o,3 | - pentru copierea diferitelor copii a/n; granulație foarte fină |
| | ORWOCOLOR PC-5 | 2,2 ± o,2 | - pentru copierea copiilor color după negative color( =o,65...o,7o) |
| | ORWOCOLOR PC-7 | 3,o ± o,3 | - idem ($\gamma$ = o,55...o,6o) |
| | ORWOCOLOR PC-9 | 3,o ± o,3 | - idem; cu straturile inversate |
| KODAK | Pozitive film tip 5302 | 2,4 - 2,6 | - pentru copierea diferitelor copii alb-negru |
| | Eastmancolor tip 5385 | - | - pentru copierea copiilor color după negative color cu mască; cu straturi inversate |
| U.R.S.S. | Pozitiv MZ-3 | 2,5 ± o,2 | - pentru copierea diferitelor copii alb-negru |
| | Pozitiv MZ-6 | 3,o ± o,2 | - idem; granulație foarte fină |
| | Pozitiv color ȚP-3 | 2,1 - 2,6 | - pentru copierea copiilor color după negative fără mască |
| | Pozitiv color ȚP 7 | 2,7 - 3,3 | - pentru copierea copiilor color după negative cu mască; cu straturi inversate |
| AGFA GEVAERT | Pozitiv tip 561 | 2,5 | - pentru copierea copiilor alb-negru, granulație fină |



Scanned with OKEN Scanner

Tabela 24 (continuare)

| 1. | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| AGFA GEVAERT | Gevacolor pozitive tip 953 | 3,5 | - pentru copierea copiilor color după diferite negative; cu straturi inversate |
| | Agfacolor pozitiv S | 3,o | - pentru copierea copiilor color după negative fără mască |
| FERRANIA | Pelicule Cine Positiva | 2,4-2,6 | - pentru copierea diferitelor copii alb-negru |
| | Ferraniacolor Positiva | 3,o | - pentru copierea copiilor color după diferite negative; cu straturi inversate |
| DUPONT | Pozitive tip 825 | 2,4 | - pentru copierea diferitelor copii alb-negru |



Scanned with OKEN Scanner

direct după negativ şi prelucrare reversibilă. Datorită dificultăţii de obţinere a unei calităţi superioare prin acest procedeu, aceste tipuri de pelicule sînt folosite din ce în ce mai puţin.

Peliculele de contratipare alb-negru şi color sînt destinate realizării de materiale intermediare de contratipare de toate categoriile, ca: dup-pozitive alb-negru (lavenzi), copiate după negative alb-negru sau dup-negative color, după negative alb-negru (contratipe alb-negru), copiate după lavenzi sau după interpozitive color, interpozitive şi internegative color etc.

Prelucrarea lor se face pe maşini de developat cu agitaţie puternică, folosind pentru cele alb-negru revelatori de contrast redus, egalizatori cu un conţinut scăzut de KBr (revelatori negativi), iar pentru cele color revelatori şi soluţiile prescrise de fabricile producătoare pentru fiecare tip în parte.

In laboratoarele noastre, dintre peliculele de contratipare alb-negru sînt utilizate peliculele ORWO DP-2 şi DN-1, iar dintre cele color pelicula Eastman color Intermediate tip 5253.

In tabela 25 sînt date principalele tipuri de pelicule de contratipare alb-negru şi color produse de diferite firme.

e. Pelicule reversibile alb-negru şi color. Caracteristicile principale ale acestor pelicule sînt:

- sensibilitate la lumină ridicată, asemănătoare cu a negativelor de sensibilitate medie;
- factor de contrast mai ridicat decît al negativelor, însă fără a ajunge la valorile utilizate la peliculele pozitive;
- densitate de voal Do destul de redusă;
- putere rezolvantă bună;
- granulaţie fină;
- sensibilitate cromatică la întregul spectru vizibil, iar în cazul celor color - sensibilizare zonală diferenţiată pe fiecare strat.

Aceste pelicule sînt special concepute pentru a fi prelucrate prin procedeul reversibil.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 25

Principalele tipuri de peliculă de contratipare alb-negru şi color

| Firma | Denumirea peliculei | Sensibilizarea la culoare | $\gamma$ recomandat | Observaţii |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ORWO | Dup-pozitiv film DP-1 | Nesensibilizat | 1,9 ± o,2 | - pentru copierea lavenzilor de pe negative alb-negru |
| | Dup-pozitiv film DP-2 | Nesensibilizat | 1,9 ± o,2 | - idem; granulaţie fină |
| | Dup_pozitiv film DP-3 | Pancromatic | 1,o ± o,1 | - pentru copierea lavenzilor de pe negative alb-negru sau color; granulaţie foarte fină |
| | Dup-negativ film DN1 | Nesensibilizat | o,6 ± o,1 | - pentru copierea contratipelor alb-negru după lavenzi |
| | Dup-negativ film DN2 | Pancromatic | 1,o ± o,1 | -pentru copierea contratipelor alb-negru după lavenzi sau interpozitive color; granulaţie foarte fină |



Scanned with OKEN Scanner

Tabela 25 (continuare)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| ORWO | ORWOCOLOR Dup film DC2 | zonală | 1,1 ± o,2 | - pentru realizarea contratipelor color prin copiere direct după negative şi prelucrare reversibilă |
| KODAK | Duplicating Positive tip 5365 | Nesensibilizat | 1,2 - 1,6 | - pentru copierea lavenzilor de pe negative alb-negru |
| | Panchromatic Duplicating Negative tip 5234 | Pancromatic | o,6 - o,7 | - pentru copierea contratipelor de pe lavenzi sau interpozitive color |
| | Eastman color Intermediate tip 5253 | Zonală | 1,o ± o,1 | - universală pentru copierea interpozitivelor şi internegativelor color; cu măşti încorporate |
| U.R.S.S. | Dup-pozitiv tip A | Nesensibilizat | 1,5 ± o,1 | - pentru copierea lavenzilor de pe negative alb-negru |
| | Dup-pozitiv tip B1 | Pancromatic | 1,5 ± o,1 | - pentru copierea lavenzilor de pe negative alb-negru şi color; granulaţie foarte fină |
| | Dup-negativ tip A1 | Nesensibilizat | o,65± o,o3 | - pentru copierea contratipelor după lavenzi |
| | Dup-negativ col. tip KP-3 | Zonală | 1,o ± o,1 | - pentru copierea contratipelor după interpozitive alb-negru de selecţie |



Scanned with OKEN Scanner

Tabela 25 (continuare)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| U.R.S.S. | Dup-negativ color tip KP-4 | Zonală | 1,o ± o,1 | - universală, pentru copierea interpozitivelor şi internegativelor color |
| AGFA GEVAERT | Duplicating Positive tip 362 | Nesensibilizat | 1,7 | - pentru copierea lavenzilor după negative alb-negru |
| | Duplicating Negative tip 451 | Nesensibilizat | o,65 | - pentru copierea contratipelor după lavenzi |
| | Duplicating Negative tip 463 | Pancromatic | o,65 | - pentru copierea contratipelor după lavenzi sau interpozitive color |
| FERRANIA | Pellicola Cine Contro-tipo Positiva | Nesensibilizat | 1,3 - 1,6 | - pentru copierea lavenzilor după negative alb-negru |
| | Pellicola Cine Contro-tipo NegativaP | Pancromatic | o,6 - o,7 | - pentru copierea contratipelor după lavenzi |
| | Contratipo Invertibile Ferraniacolor | Zonală | 1,3 | - pentru realizarea contratipelor color prin copiere direct după negative şi prelucrare reversibilă |
| DUPONT | Duplicating Positive tip 228 | Nesensibilizat | 1,6 | - pentru copierea lavenzilor după negative alb-negru; suport obişnuit sau Kronar |
| | Duplicating Negative tip 9o8 | Pancromatic | o,7 | - pentru copierea contratipelor după lavenzi |
| | Master Positive tip 828 | Nesensibilizat | 1,6 | - pentru copierea lavenzilor cu granulaţie deosebit de fină |



Scanned with OKEN Scanner

Tabela 26

Principalele tipuri de pelicule reversibile alb-negru şi color

| Firma | Denumirea peliculei | Sensibilitatea | | γ recomandat | Observaţii |
|---|---|---|---|---|---|
| | | DIN | ASA | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ORWO | Umkehrfilm UP-1 alb-negru | 15 | 25 | 1,3 | - universală |
| | Umkehrfilm UP-2 alb-negru | 19 | 64 | 1,2 | - specială pentru televiziune |
| | Umkehrfilm UP-4 alb-negru | 22 | 125 | 1,o | - idem, de mare sensibilitate |
| | Umkehrkopier film UX-1 a/n | - | - | 1,2 | - pentru obţinerea copiilor alb-negru prin procedeul reversibil |
| | ORWOCOLOR UT-2 color | 16 | 32 | - | - pentru lumina de zi |
| | ORWOCOLOR UK-2 color | 14 | 16 | - | - pentru lumina de incandescentă |
| KODAK | Plus X Reversal alb-negru | - | 5o | - | - pentru cinematografie şi televiziune |
| | Tri X Reversal alb-negru | - | 2oo | - | - idem, de mare sensibilitate |
| | Reversal Duplicating alb-negru | - | - | - | - pentru obţinerea copiilor alb-negru prin procedeul reversibil |
| | Ektacrome Comercial color tip 7255 | - | 25 | - | - pentru filmare cu lumină puternică de incandescenţă |
| | Ektachrome ER color Tip 5257, 7257 | - | 26o | - | - pentru filmare la lumina de zi |



Scanned with OKEN Scanner

Tabela 26 (continuare)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| KODAK | Ektachrome ER color tip 5258, 7258 | - | 125 | - | -pentru filmare cu orice condiţii de iluminare |
| | Ektachrome Reversal color Print Film tip 5386, 7386 | - | - | - | -pentru obţinerea copiilor color prin procedeul reversibil |
| U.R.S.S. | ŢO-2 color | 14 | 25 | 1,o | -pentru filmare la lumina de zi |
| | TO-3 color | 14 | 25 | 1,o | -pentru filmare cu lumina incandescentă |
| AGFA GEVAERT | TV Umkehr ISS alb-negru | 21 | 1oo | o,9-1,4 | pentru cinematografie şi televiziune |
| | TV Umkehr ISU alb-negru | 27 | 4oo | o,9-1,4 | idem |
| | Umkehr Kopierfilm alb-negru | - | - | 1,1 | -pentru obţinerea copiilor alb-negru prin procedeul reversibil |
| | Telerecording Reversal alb-negru | 13 | 16 | 1,2 | -pentru filmări după ecranul de televizor |
| FERRANIA | Invertibile contratipo alb-negru | - | - | 1,o | -pentru obţinerea copiilor alb-negru prin procedeul reversibil |
| | Invertibile Ferraniacolor per luce diurna color | 13 | 12 | - | -pentru filmare la lumina de zi |
| | Invertibile Ferraniacolor per luce artificiale color | 15 | 2o | - | --pentru filmare la lumina de incandescenţă |



Scanned with OKEN Scanner

Tabela 26 (continuare)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| DUPONT | High Speed Rapid alb-negru | - | 160 | 1,0 | - universală; suport Kronar; poate fi folosită și ca peliculă negativă |
| | Rapid Reversal alb-negru | - | 64 | - | - pentru procesul de prelucrare rapidă; poate fi folosită și ca peliculă negativă |
| | High Speed Rapid Reversal alb-negru | - | 160 | - | - idem; de sensibilitate mare |

N o t ă: Peliculele reversibile de contratipare au fost trecute în tabela 25



Scanned with OKEN Scanner

Ele sînt folosite fie pentru a obţine pe pelicula filmată direct copia pozitivă, fie pentru executarea după o copie pozitivă a unui număr oarecare de alte copii pozitive.

Utilizarea lor are o largă extindere în cinematografia de amatori şi în televiziune, în formate înguste (16 mm şi 8 mm).

În tabela 26 sînt date principalele tipuri de pelicule reversibile alb-negru şi color produse de diferite firme.

## 4. Depozitarea şi condiţiile de păstrare ale peliculelor virgine

Peliculele cinematografice virgine sînt materiale deosebit de sensibile şi de aceea ele trebuie manipulate şi depozitate în condiţii speciale.

În decursul păstrării lor, dacă nu se iau anumite măsuri, pot surveni modificări importante ale caracteristicilor fotografice.

Aceste modificări sînt determinate de condiţiile fizice (temperatură şi umiditate) ale spaţiului de depozitare, de prezenţa diferiţilor vapori de substanţe chimice sau gaze, precum şi durata timpului de depozitare.

Toate peliculele cinematografice sînt garantate de fabrică, în ceea ce priveşte parametrii fotografici, un anumit interval de timp (18-24 de luni).

Aprovizionarea cu pelicule virgine şi utilizarea lor trebuie astfel făcută încît folosirea lor să nu depăşească în nici un caz termenele garantate.

În timpul depozitării, temperatura ridicată şi umiditatea relativă prea mare determină o mărire accentuată a densităţii de voal Do, precum şi o scădere a sensibilităţii şi a factorului de contrast.

Aceste înrăutăţiri ale parametrilor sînt mult mai accentuate la peliculele color, precum şi la cele alb-negru de mare sensibilitate (negativele de imagine).

Totodată, în cazul unor condiţii de păstrare necorespunzătoare, la peliculele color pot surveni modificări ale factorilor de contrast diferite de la un strat la altul ale aceleiaşi pelicule, ceea ce duce la o debalansare de contrast care nu mai poate fi corectată ulterior.

Condiţiile principale de păstrare ale peliculelor virgine care asigură menţinerea parametrilor fotografici iniţiali în intervalul termenelor de garanţie sînt următoarele:

- peliculele se manipulează, se depozitează şi se păstrează în cutiile metalice originale şi a căror închidere este etanşată cu benzi adezive speciale;
- la manipularea cutiilor trebuie evitate şocurile mecanice, loviturile, răsturnările etc ;
- cutiile pot fi aşezate una peste alta pe rafturi, în cantităţi de cîte maximum lo bucăţi;
- în încăperile de depozitare nu trebuie să pătrundă lumina soarelui;
- cutiile trebuie aşezate la o distanţă suficientă faţă de elementele de încălzire (calorifere etc.);
- încăperile de depozitare trebuie să fie prevăzute cu instalaţii de condiţionare a aerului şi menţinere constantă a temperaturii şi umidităţii;
- în încăperile de depozitare nu trebuie să pătrundă vapori de substanţe chimice sau diferite gaze (CO, $CH_4$, $SO_2$, vapori de solvenţi organici, de acizi minerali etc.).

Condiţiile de temperatură şi umiditate pentru peliculele ORWO sînt:

- la depozitare pînă la 6 luni $t_{max} = 18^{o}C$; $U_{rel} = 5o...7o\%$
- la depozitare peste 6 luni $t_{max} = 1o^{o}C$; $U_{rel} = 5o...7o\%$

Pentru peliculele Kodak şi Eastman color, temperatura nu trebuie să depăşească $12^{o}C$.

În afara condiţiilor de temperatură şi umiditate din timpul depozitării, o mare importanţă o au şi variaţiile a-

cestor parametri ce survin cu ocazia luării cutiilor de peliculă din depozit şi trecerea lor în încăperile tehnologice.

Cu ocazia acestor manipulări trebuie evitate variaţiile bruşte de temperatură, iar cutiile nu se vor deschide decît după ce au fost lăsate să stea un timp oarecare în încăperile în care urmează a fi folosite.

## 5. Recepţia peliculelor virgine

Recepţia peliculelor virgine se face la primirea lor de la furnizor şi constă în verificarea parametrilor geometrici şi fotografici.

Recepţia peliculelor, în afară de verificarea calitativă a parametrilor, foloseşte şi pentru cunoaşterea caracteristicilor specifice ale unui lot sau altul, a unor emulsii sau turnări. În funcţie de aceasta, repartizarea lor în producţie se poate face mai judicios, în concordanţă cu specificul unor filmări sau lucrări.

Cu ocazia încercărilor asupra parametrilor pentru recepţie, la peliculele de largă utilizare (pozitive, peliculele de contratipare etc.) se realizează şi normarea lor, grupîndu-se pe loturi cu caracteristici identice. Astfel,utilizarea lor în producţie se face mult mai uşor, eliminîndu-se o serie de probe ce ar fi necesare de fiecare dată cînd se ia în lucru o turnare sau alta.

Încercările pentru recepţie a peliculelor virgine se execută pe probe extrase din cutiile originale, în anumite condiţii.

Întrucît nu este posibilă încărcarea fiecărei cutii de peliculă, probele se iau prin sondaj, după cum urmează:

- la peliculele negative de imagine alb- negru sau color se iau probe din cîte 2-3 cutii din fiecare turnare;
- la peliculele pozitive de contratipare sau de sunet se iau din cîte o cutie din fiecare turnare.

Probele, în lungime de circa 2 m, se extrag în întuneric complet, după ce se înlătură primii 2-3 m de peliculă de la începutul bobinei.

După extragere, fiecare probă se ambalează cu grijă în hîrtie neagră, pe care se înscriu apoi datele de identificare (tipul peliculei, numărul emulsiei, turnării etc.). Probele astfel ambalate se păstrează pînă la expunerea şi prelucrarea lor în cutii de tablă (din cele folosite pentru pelicule), bine închise, la temperatură scăzută.

Pe porţiunile înlăturate de la începutul bobinelor se înscriu de asemenea datele de identificare, după care se păstrează separat în vederea folosirii lor pentru măsurarea parametrilor geometrici.

Încercările de recepţie se împart în două categorii principale:

- măsurarea dimensiunilor geometrice şi verificarea suprafeţelor;
- determinarea parametrilor fotografici.

Dimensiunile geometrice se măsoară cu instrumente speciale pe capetele de bobine înlăturate la extragerea probelor. Dintre aceste dimensiuni se verifică:

- lăţimea peliculei;
- pasul perforaţiilor sau contracţia.

Starea suprafeţelor se examinează vizual.

Parametrii fotografici se determină cu ajutorul sensitogramelor ce se expun pe fiecare probă extrasă.

Expunerea sensitogramelor se face în sensitometre, în condiţii standard corespunzătoare fiecărui tip de peliculă ce se încearcă, iar developarea lor se face pe maşinile de developat în condiţii fizice şi de tratament chimic identice sau foarte apropiate de cele folosite şi indicate de fabrica producătoare.

Sensitogramele de recepţie ale unui anume sortiment şi tip de peliculă trebuie expuse şi developate o dată pentru toate turnările şi emulsiile ce fac parte din lotul ce se recep-

Scanned with OKEN Scanner

ţionează. În acest fel, datele obţinute prezintă o bună precizie pentru comparaţie, permiţînd gruparea diferitelor turnări şi emulsii în loturi cu caracteristici identice.

După developare, pe sensitogramele obţinute se citesc densităţile şi cu aceasta se trasează curbele caracteristice pe care se determină apoi parametrii realizaţi.

Dintre aceştia se consideră: factorul de contrast $\gamma$ , densitatea de voal Do, densitatea maximă $D_{max}$, sensibilitatea determinată după criteriul corespunzător tipului de peliculă ce se încearcă, latitudinea de expunere L etc.

La peliculele color, parametrii de mai sus se determină pentru fiecare strat în parte, urmărindu-se şi balansul lor.

Totodată, cu ocazia încercărilor de recepţie se determină şi curbele $\gamma = f(t)$, $Do = f(t)$, $S = f(t)$ etc.

Valorile obţinute pentru diferiţi parametri se compară cu cele indicate de catalogul fabricii, ţinînd seama de toleranţele admise.

În afară de aceste încercări, în cadrul probelor de recepţie este indicat a se face şi unele verificări ale uniformităţii straturilor şi ale lipsei unor defecţiuni ascunse, ca pete, zonaje, puncte, efluvii etc. Aceste verificări pot fi făcute numai în regim dinamic, prin copierile de probă ale unor scale sau densităţi bine determinate pe porţiuni de 30-40 m de peliculă de încercat şi care după developare pot fi examinate pe ecran.

Peliculele care în urma încercărilor de recepţie se dovedesc necorespunzătoare dintr-un punct de vedere sau altul nu se dau în producţie şi se reclamă calitatea lor fabricii furnizoare.

Capitolul XXVIII

## TEHNICA REPARĂRII SOLUȚIILOR DE PRELUCRARE

### 1. Recepția substanțelor chimice destinate preparării soluțiilor de prelucrare

Pentru prepararea soluțiilor de prelucrare se folosesc diferite substanțe chimice (chimicale) fabricate în țară sau provenite din import.

Substanțele chimice pentru soluții, și în special cele utilizate la prepararea revelatorilor, trebuie să îndeplinească o serie de condiții riguroase în privința calității. Nerespectarea acestor condiții, care sînt reglementate de standarde pentru uz cinematografic, are repercusiuni asupra calității materialelor prelucrate. Din aceste motive, substanțele chimice pentru uz cinematografic sînt supuse la recepție unui control chimic și sensitometric. Cele corespunzătoare, care îndeplinesc condițiile prevăzute de standarde, se introduc în producție, iar cele necorespunzătoare se refuză.

Controlul chimic al acestor substanțe se face în mod curent prin două genuri de determinări:

- determinarea purității chimice;
- determinarea conținutului anumitor impurități care influențează procesul de prelucrare.

Prin determinarea purității se află, cu ajutorul unor analize chimice, concentrația de substanță pură, care se exprimă în procente. Această determinare servește și la calculul cantităților de substanțe ce trebuie introduse în soluții în conformitate cu rețetele. Astfel, de exemplu, dacă sulfitul de sodiu conține numai 97% substanță pură, iar rețeta prevede introducerea în revelator a 100 g/l, se vor dizolva practic 103 g/l din sulfitul de sodiu respectiv.

Metodele de determinare a purităţii chimice sînt similare metodelor de determinare a concentraţiilor substanţelor respective din soluţiile de prelucrare (v.controlul chimic).

Al doilea gen de determinări se efectuează numai la unele substanţe chimice ce pot conţine, încă din procesul de fabricaţie, anumite impurităţi care, dacă depăşesc o anumită concentraţie admisibilă, influenţează negativ rezultatele prelucrării fotochimice. Astfel, sulfitul de sodiu nu trebuie să conţină mai mult de 1 % substanţe alcaline (exprimate în grame de carbonat la 100 g de sulfit), deoarece modifică pH-ul revelatorilor.

Controlul sensitometric (fotografic) al substanţelor chimice constă în încercarea fotografică a lotului substanţei chimice care se recepţionează în comparaţie cu aceeaşi substanţă, însă dintr-un lot primit anterior, socotit e t a l o n.

Dacă se încearcă, de exemplu, un lot nou de metol, se ia din această substanţă cantitatea prevăzută de reţetă şi se prepară 1-2 l de revelator. Se prepară de asemenea un alt revelator (1-2 l), în care se introduce metol din lotul păstrat ca etalon. Celelalte substanţe prevăzute de reţetă (hidrochinona, boraxul, sulfitul de sodiu etc.) introduse în cei doi revelatori sînt identice.

Se developează apoi în paralel două sensitograme (sau scale) expuse în aceleaşi condiţii pe aceeaşi peliculă, în cei doi revelatpri (de probă şi etalon). Fixarea se face într-o soluţie unică.

După spălare şi uscare, sensitogramele (scalele) se citesc la densitometru, iar rezultatele sensitometrice (sensibilitatea, factorul de contrast, voalul) se compară. Dacă rezultatele sînt apropiate, lotul de metol care se încearcă este declarat corespunzător şi se introduce în procesul de producţie, iar în caz contrar se refuză.

În mod analog cu exemplul de mai sus se procedează şi cu celelalte substanţe care se încearcă.

Trebuie precizat că, în practica curentă, controlul fotografic al substanţelor chimice se face numai pentru substanţele ce

intră în compoziţia revelatorilor. Pentru celelalte substanţe, acest control se efectuează numai în anumite cazuri, ca, de exemplu, la schimbarea furnizorului.

## 2. Instalaţiile şi tehnologia de preparare a soluţiilor

Prepararea soluţiilor se efectuează în încăperi speciale, foarte bine ventilate, în care sînt montate instalaţiile necesare acestei operaţii. Încăperile pentru prepararea soluţiilor de revelare trebuie să fie separate de încăperile destinate preparării fixajelor. Pentru procesele color, prepararea soluţiilor de înălbire se face într-o încăpere separată de cea destinată preparării revelatorilor. Aceste măsuri preîntîmpină eventualitatea impurificării soluţiilor de revelator cu fixaj sau cu înălbire.

Prepararea se efectuează în bazine din material plastic (în special din viniplast), cu capacităţi diferite (200-1000 l) în funcţie de consumul soluţiei respective în producţie.

În figura 221 este redată schema unei instalaţii complete de preparare a unei soluţii de prelucrare.

În bazinul de preparare 1 se introduce iniţial o cantitate de apă caldă a cărei temperatură se reglează prin intermediul robinetelor 3 şi 4. Substanţele se dizolvă pe rînd pe sita de viniplast 2, pe suprafaţa căreia se află o pînză de filtrare. Dizolvarea anumitor substanţe se poate face şi în vase separate cu capacitate mai redusă, după care soluţiile rezultate se introduc în bazin tot prin sita 2.

Agitarea soluţiei pentru omogenizare se face circulînd soluţia cu ajutorul pompei 5, robinetele 6 şi 9 fiind deschise.

Operaţia de agitare a revelatorilor se recomandă să se facă cu agitator mecanic cu elice 12, pentru a evita oxidarea substanţelor revelatoare.

După ce s-au dizolvat toate substanţele în cantităţile prevăzute de reţetă se completează nivelul soluţiei cu apă şi, după o nouă omogenizare, se lasă să se răcească.

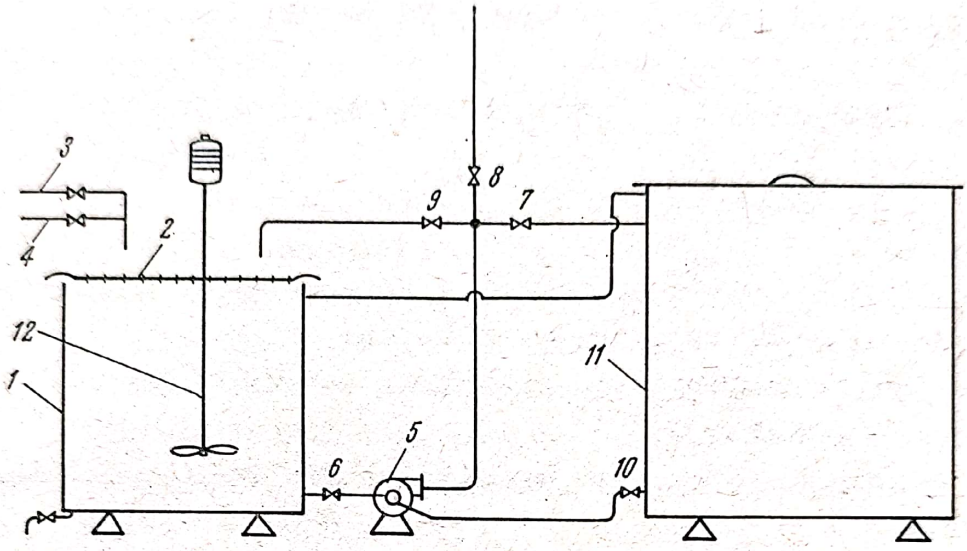



Fig.221. Schema unei instalaţii de preparare a soluţiilor.

În continuare, din soluţia preparată se iau probe care se analizează din punct de vedere chimic şi se încearcă uneori pe cale fotografică (sensitometrică). Dacă este cazul, se fac intervenţii pentru corectarea concentraţiilor prin diluţii sau prin mici adaosuri de substanţe.

Dacă rezultatele controlului chimico-fotografic al soluţiei preparate a dat rezultate corespunzătoare.normelor existente, soluţia se transportă cu ajutorul pompei 5 în bazinul de rezervă 11. În acest scop se închid robinetele 6 şi 9 şi se deschide robinetul 7.

Trimiterea soluţiei preparate în bazinele de presiune sau în cuvele maşinii de developat se efectuează tot prin in-

termediul pompei 5. Pentru această operaţie se deschid robinetele 8 şi 10, celelalte robinete fiind închise.

Fiecare soluţie are o tehnologie proprie de preparare în funcţie de destinaţie şi de proprietăţile substanţelor prevăzute în reţetă.

Cu toate acestea, există anumite principii generale de preparare care trebuie respectate pentru toate soluţiile, şi anume:

- ordinea de dizolvare a substanţelor trebuie respectată riguros;
- cîntărirea substanţelor trebuie să se facă cu o precizie maximă;
- nu se începe dizolvarea unei substanţe pînă nu s-a terminat dizolvarea celei precedente;
- se va respecta cu stricteţe temperatura prescrisă pentru apa de dizolvare;
- soluţia preparată trebuie să fie bine omogenizată şi filtrată.

## 3. Specificul preparării principalelor soluţii de prelucrare

Prepararea soluţiilor de revelator. Operaţia trebuie să se efectueze cu foarte mare atenţie, respectînd riguros prescripţiile tehnologiei adoptate. Acest lucru este deosebit de important, întrucît compoziţia revelatorilor influenţează în cea mai mare măsură rezultatele developării.

Pentru a se evita oxidarea substanţelor revelatoare (metol, hidrochinonă, TSS etc.), acestea se dizolvă într-o soluţie slabă de sulfit de sodiu. Bazinele de preparare, de depozitare şi de presiune sînt prevăzute cu capace etanşe pentru a limita pătrunderea aerului. Apa folosită la dizolvare nu trebuie să depăşească temperatura de 50°C.

Scanned with OKEN Scanner

La unii revelatori există pericolul precipitării substanţelor revelatoare. În scopul evitării acestui fenomen se iau unele măsuri speciale. Astfel, la revelatorul negativ Eastman color, substanţa revelatoare CD-3 se dizolvă la sfîrşit, într-un vas separat, şi se adaugă treptat în bazinul de preparare, în care se află dizolvate toate celelalte substanţe. Nivelul soluţiei este de 80-90% din volumul final. În caz contrar, CD-3 poate precipita integral sau parţial, ceea ce duce la rebutarea totală a soluţiei respective.

Soluţiile de revelator proaspăt preparate sînt supuse unui control chimico - sensitometric lateral.

Cu ajutorul analizelor chimice se determină concentraţiile majorităţii substanţelor componente (substanţe revelatoare, acceleratoare, sulfitul de sodiu, bromura etc.).

Prin developarea manuală sau în developeze (instalaţii speciale destinate developării sensitogramelor) se determină principalele caracteristici sensitometrice (sensibilitate, factor de contrast, voal fotografic), care se compară cu etaloanele existente pentru soluţia respectivă.

Determinarea pH-ului se face întotdeauna, deoarece valoarea pH-ului reprezintă un indiciu precis asupra activităţii fotografice a revelatorului preparat.

La anumiţi revelatori, dacă valoarea pH-ului este necorespunzătoare, se reglează prin adaosuri de soluţii alcaline sau acide.

În general, soluţiile de revelator nu mai pot fi reutilizate după întrebuinţare în circuitul de preparare, datorită imposibilităţii practice de a îndepărta bromura acumulată.

Există însă cazuri, în special la revelatorii color, cînd soluţiile provenite din maşini se pot refolosi parţial la prepararea soluţiilor de compensare. Acest lucru este posibil numai dacă în compoziţia compensării există bromură. Astfel, de exemplu, revelatorul pozitiv color ORWO provenit din maşină, care are 2,5 g/l KBr , se poate amesteca în proporţie de 1:1 cu o soluţie proaspătă fără bromură.

Rezultă o soluţie de compensare cu o concentraţie a bromurii de 1,25 g/l.

Soluţiile de fixaj se prepară după o tehnologie care permite toleranţe mai largi în respectarea prescripţiilor.

Este important de ştiut că tiosulfatul de sodiu, care se întrebuinţează aproape în exclusivitate cu substanţă de fixare, se dizolvă cu absorbţie de căldură (reacţie endotermă). Din această cauză, pentru dizolvare se foloseşte apă cu temperatura ridicată (80-90°C).

La soluţiile de stop-fixaj pentru procesele color ,acidul acetic concentrat nu trebuie turnat în bazin în această concentraţie, deoarece se poate produce o sulfurizare parţială a tiosulfatului. Este necesară mai întîi diluarea acidului acetic într-un vas separat, după care soluţia se adaugă treptat în bazinul de preparare.

Controlul soluţiilor de fixare se face numai din punct de vedere chimic. Se determină concentraţia tiosulfatului de sodiu şi pH-ul.

Dacă rezultatele obţinute depăşesc limitele admise de reţetă, se fac intervenţii de corectare ca şi la revelatori.

Soluţiile de fixare se reutilizează într-o foarte mare măsură în circuitul de producţie. Din soluţiile uzate de fixare se extrage argintul pe cale electrolitică sau prin precipitare cu sulfură de sodiu, după care se completează concentraţia de tiosulfat de sodiu şi se reglează pH-ul. Soluţiile de fixare astfel recuperate sînt reutilizate în special la procesele de developare alb-negru.

Prepararea soluţiilor de înălbire, indiferent de reţetă, nu prezintă dificultăţi deosebite.

La controlul chimic se determină concentraţia substanţei de înălbire (fericianura de potasiu sau bicromatul de potasiu), a bromurii de potasiu şi a pH-ului.

Soluţia de înălbire pe bază de fericianură de potasiu se poate refolosi parţial, după utilizare, la prepararea soluţiilor de compensare. În acest scop se determină concentraţia fe-

rocianurei de potasiu, după care soluţia se regenerează cu soluţie de brom (apă de brom).

Bromul transformă ferocianura de potasiu în fericianură de potasiu.

În anumite laboratoare, regenerarea soluţiilor de înălbire se face pe cale electrolitică, ca la fixaje.

Pentru redeveloparea fonogramei la peliculele pozitive color cu trei straturi se utilizează o soluţie vîscoasă de revelator.

Viscozitatea necesară se obţine prin utilizarea unor substanţe macromoleculare pe bază de celuloză (ca, de exemplu, substanţa denumită cellin).

Cellinul se înmoaie în prealabil în circa 1/3 din volumul de apă necesar pentru prepararea revelatorului. În restul de apă se dizolvă substanţele chimice prevăzute în reţetă.

Această soluţie se amestecă cu cellinul înmuiat, pînă la omogenizare, într-un malaxor.

După preparare se determină viscozitatea şi uneori activitatea fotografică a revelatorului obţinut.

## Capitolul XXIX

## CONTROLUL CHIMIC AL SOLUŢIILOR PENTRU PRELUCRAREA PELICULEI

### 1. Importanţa şi conţinutul controlului chimic

Pentru menţinerea constantă a parametrilor fotografici ai producţiei laboratoarelor de prelucrare a peliculei, precum şi pentru standardizarea metodelor de stabilire a parametrilor de lucru şi a executării lucrărilor, este necesar ca diferitele procese de prelucrare să fie suficient de stabile în timp.

Pentru realizarea acestei stabilităţi este necesară menţinerea constantă a potenţialului de lucru al tuturor soluţiilor proceselor.

În maşinile de developat au loc în permanenţă reacţii chimice şi diferite procese secundare, care duc la o continuă transformare a soluţiilor de prelucrare. În dinamica exploatării soluţiilor, cele mai însemnate modificări ale componenţilor şi potenţialului lor de lucru sînt:

- micşorarea concentraţiei unor componenţi care se consumă în urma reacţiilor chimice ce au loc în timpul prelucrării sau ca urmare a oxidării lor datorită aerului înconjurător;

- acumularea unor substanţe rezultate ca produse secundare în urma reacţiilor chimice sau antrenate de către peliculă din alte soluţii prin care aceasta a trecut anterior;

- diluarea soluţiilor cu apă sau scăderea nivelului lor în cuve.

Deoarece rezultatele fotografice sînt determinate direct de compoziţia soluţiilor, este necesar ca modificările arătate mai sus să fie în permanenţă compensate. Acest lucru se face pe calea regenerării continue a soluţiilor din maşini, cu soluţii proaspete, aşa-numite de compensare.

Componenţii acestor soluţii, concentraţiile lor, precum şi volumul în care ele se adaugă în soluţiile de bază din maşinile de developat sînt astfel determinate încît să anihileze fenomenele arătate.

Acest lucru este posibil numai prin cunoaşterea exactă a concentraţiilor componenţilor în soluţiile de prelucrare şi urmărirea variaţiilor lor.

Controlul chimic al soluţiilor îndeplineşte tocmai acest rol şi se efectuează periodic, pe cale analitică, folosind diferite metode de analiză în funcţie de componenţii analizaţi.

Metodica executării controlului chimic cuprinde următoarele faze principale:

- Prelevarea probelor. Acestea se extrag din cuvele maşinilor de developat, în volume stabilite, în vase curate ce se clătesc de cîteva ori cu soluţia respectivă înainte de prelevarea probei. De asemenea este foarte important ca probele să fie luate după ce sistemul de circulaţie a maşinii a funcţionat cel puţin 30 min. pentru asigurarea omogenizării.

- Executarea analizelor. Operaţia se face în laboratorul de chimie dotat cu instalaţiile, aparatura şi reactivii necesari funcţie de metodele analitice utilizate.

- Înregistrarea şi prelucrarea rezultatelor. Rezultatele obţinute se înscriu în registrul de control al fiecărui proces. Aprecierea lor se face prin comparaţie cu valorile etalon şi ţinînd seama de toleranţele admisibile. În caz de abateri de la valorile etalon ce depăşesc toleranţele admise se stabilesc intervenţiile necesare pentru restabilirea echilibrului.

- Intervenţii. Acestea pot fi efectuate pe calea modificării volumului de compensare, a reţetei soluţiilor de compensare sau, în cazuri grave, chiar prin modificarea compoziţiei soluţiei în maşină. Înaintea efectuării oricărei intervenţii impuse de controlul chimic se va verifica dacă necesitatea ei este confirmată şi de controlul sensitometric, după cum se va arăta în capitolul respectiv.

## 2. Metode de determinare analitică a concentraţiilor componenţilor din revelatori

La controlul chimic se determină la revelatori concentraţiile următorilor componenţi: substanţele revelatoare (hidrochinonă, metol, fenidon, TSS, CD-2 şi CD-3), sulfitul, carbonatul, bromura de potasiu, hidroxilamina, alcoolul benzilic precum şi pH-ul.

Determinarea hidrochinonei. Metoda constă în extragerea ei din revelator cu un solvent organic (acetat de etil sau

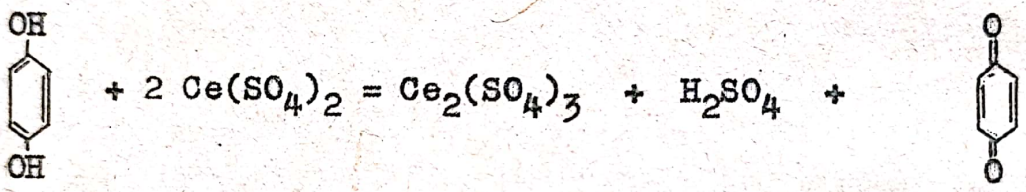
acetat de izopropil), într-un mediu puternic acid (pH=3), obţinut prin acidulare cu $H_2SO_4$ şi titrarea ei cu sulfit ceric.

La acest pH, solventul extrage numai hidrochinona.

În urma acidulării revelatorului se formează $SO_2$, care se dizolvă de asemenea în solvent. Pentru îndepărtarea $SO_2$, extractul se tratează cu o soluţie specială de sulfit de sodiu, acid boric şi borax.

Se separă extractul şi se trece apoi la titrarea hidrochinonei din solventul în care s-a extras, prin oxidare cu o soluţie de sulfat ceric o,1 N în prezenţa feroinei ca indicator. Extractul se tratează înaintea titrării cu alcool metilic pentru omogenizarea fazelor şi cu $H_2SO_4$ pentru obţinerea unui mediu puternic acid, necesar reacţiei de oxidare.

Reacţia de oxidoreducere are loc după următoarea schemă:



$$+ 2\,Ce(SO_4)_2 = Ce_2(SO_4)_3 + H_2SO_4 +$$



Determinarea metolului. Operaţia constă în titrarea lui (metolul fiind o bază) cu o soluţie acidă titrată.

Pentru aceasta se extrage mai întîi din soluţia de revelator metolul, împreună cu hidrochinona, cu un solvent organic, la un pH de 8,2.

Deoarece în soluţia apoasă metolul este o bază slabă, titrarea lui s-ar face cu mare dificultate. Pentru înlăturarea acestui neajuns, metolul din extract se dizolvă în acid acetic glacial, devenind în acest mediu o bază puternică.

După aceasta se titrează cu o soluţie de acid percloric o,o5 N dizolvat în acid acetic glacial, în prezenţa unui indicator optic (tropeolin oo). Hidrochinona prezentă nu se titrează.

Determinarea fenidonului. Deoarece fenidonul se foloseşte în concentraţii foarte mici în soluţiile revelatoare, iar pînă în prezent nu s-a găsit o reacţie de titrare strict selec-

tivă, determinarea lui se face indirect pe calea măsurării efectului fotografic produs.

Acesta este în directă legătură cu concentraţia de fenidon în soluţii de revelator foarte diluate.

Determinarea se realizează prin diluarea probei de revelator cu apă în raportul 1:2o şi developarea în soluţia astfel obţinută a unui test fotografic pe care se citeşte apoi la densitometru valoarea densităţii obţinute. Se foloseşte o curbă a densităţilor în funcţie de concentraţiile de fenidon şi se determină pe aceasta valoarea concentraţiei corespunzătoare.

Expunerea testelor, timpul şi temperatura developării, precum şi condiţiile fizice ale ei sînt parametri riguros standardizaţi.

Determinarea substanţelor revelatoare color TSS, CD-2 şi CD-3. Substanţele revelatoare color, atît pentru procedeul Orwocolor cît şi Eastmancolor, se determină pe calea extragerii lor cu un solvent organic (cloroform) din soluţia de revelator color şi titrarea lor după aceea cu o soluţie de sulfat de ceriu o,o5 N în prezenţa feroinei ca indicator.

Reacţia de principiu este următoarea:

$$R - NH_2 + 2\ Ce(SO_4)_2 = R \equiv N + Ce_2(SO_4)_3 + H_2SO_4$$

Titrarea se termină la trecerea indicatorului de la culoarea roşie la galben-verzuie.

Determinarea sulfitului. Sulfitul de sodiu din revelatori se determină pe calea oxidării lui cu iod în mediu acid. Pentru aceasta se ia o anumită cantitate de soluţie de iod o,1 N, se tratează cu o soluţie de $H_2SO_4$ 2 N, după care se titrează cantitatea de iod conţinută cu soluţie de revelator ce conţine sulfit de sodiu. Pe baza cantităţii de revelator consumat pentru oxidarea cantităţii de iod luate se determină conţinutul de sulfit.

Ca indicator se foloseşte amidonul adăugat spre sfîrşitul titrării.

Reacţia este următoarea:

$$Na_2SO_3 + I_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2\ HI$$

Oxidarea se face în mediu acid, deoarece în mediu bazic ar reacţiona cu iodul şi substanţele revelatoare conţinute de soluţia de revelator.

Determinarea carbonatului. Se face pe calea neutralizării lui în soluţie de revelator cu o soluţie de HCl 1 N, după următoarea reacţie de principiu:

$$Na_2CO_3 + 2\ HCl = CO_2 + H_2O + 2\ NaCl$$

În cazul revelatorilor cu un conţinut ridicat de sulfit de sodiu (cazul revelatorilor alb-negru), pentru evitarea unor erori datorită acestuia se procedează la oxidarea lui în sulfat, cu perhidrol.

Funcţie de revelatorul analizat se folosesc indicatori diferiţi: pentru revelatorii alb-negru metiloranjul, pentru revelatorii Orwocolor-alizarinsulfonatul de sodiu, iar pentru revelatorii Eastmancolor-fenolftaleina şi metiloranjul. În acest din urmă caz se ia în consideraţie volumul de soluţie de HCl consumat între punctele de viraj ale celor doi indicatori.

Determinarea bromurii de potasiu. Bromura de potasiu conţinută în proba de revelator se precipită cu $AgNO_3$ sub formă de Ag Br, după următoarea reacţie de principiu:

$$AgNO_3 + Br^- = AgBr + NO_3^-$$

Punctul de echivalenţă, adică momentul în care întreaga cantitate de ioni de Br este legată de către azotatul de argint, este marcat de un salt de potenţial electric. Acest salt

se determină prin titrarea potenţiometrică a probei cu o soluţie de $AgNO_3$ 0,05 N şi corespunde punctului de echivalenţă. La titrare se foloseşte un potenţiometru cu electrozi de argint şi calomel; primul salt net de potenţial indică sfîrşitul titrării.

Înainte de titrare, proba se pregăteşte prin tratare cu $H_2SO_4$ şi perhidrol pînă ce nu se mai degajează $SO_2$.

3. Determinarea concentraţiei componenţilor principali din soluţiile auxiliare

Dintre analizele mai importante ce se fac în cadrul controlului chimic asupra celorlalte soluţii folosite în procesul de prelucrare sînt; analiza conţinutului în tiosulfat de sodiu şi argint a soluţiilor de fixare şi analiza conţinutului în fericianură de potasiu a soluţiilor de înălbire.

Determinarea tiosulfatului de sodiu în soluţiile de fixare. Aceasta se face prin titrarea volumetrică a tiosulfatului de sodiu din soluţia de fixaj cu o soluţie de iod 0,1 N în prezenţa amidonului ca indicator.

Pentru ca iodul să nu reacţioneze şi cu sulfitul sau bisulfitul de sodiu prezent de asemenea în soluţiile de fixare, se trece bisulfitul în sulfit cu o soluţie de NaOH 0,1%, conform reacţiei:

$$NaHSO_3 + NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$$

Se blochează apoi tot sulfitul cu un exces de formaldehidă, după reacţia:

$$Na_2SO_3 + HCHO = CH_2(OH)_2 + NaOH$$

Această reacţie are loc în timp şi este necesar ca amestecul să fie lăsat pentru aceasta în repaus circa 10 min.

Determinarea argintului în soluţiile de fixare. Metoda se bazează pe combinarea argintului din soluţia de fixaj cu sulfură de sodiu şi formarea unui precipitat de sulfură de argint de culoare brună, a cărei intensitate se măsoară pe cale colorimetrică.

Intensitatea coloraţiei se determină cu un colorimetru de comparaţie, ea fiind proporţională cu cantitatea de sulfură de argint precipitată, iar aceasta la rîndul ei este proporţională cu cantitatea de argint conţinută în soluţia de analizat. Colorimetrul poate fi gradat direct în valori ale concentraţiei argintului sau acestea se pot determina indirect cu ajutorul unei curbe de transfer.

Pentru menţinerea în suspensie a precipitatului de sulfură de argint format, precipitarea se face într-o soluţie de gelatină.

Determinarea fericianurii de potasiu în soluţiile de înălbire. Principiul metodei constă în tratarea soluţiei de înălbitor cu iodură de potasiu şi titrarea iodului eliberat cu o soluţie de tiosulfat de sodiu conform reacţiei:

$$2\,K_3\left[Fe(CN)_6\right] + 2KI = 2\,K_4\left[Fe(CN)_6\right] + I_2$$

Ferocianura rezultată care împiedică ca reacţia să fie totală se blochează cu sulfat de zinc:

$$K_4\left[Fe(CN)_6\right] + 2ZnSO_4 = Zn_2\left[Fe(CN)_6\right] + 2K_2SO_4$$

Titrarea se face în mediu neutru sau slab acid pentru a împiedica descompunerea fericianurii de zinc şi formarea din nou a ferocianurii de potasiu. Ca indicator se foloseşte amidonul.

Cantitatea de tiosulfat consumată la titrare este proporţională cu cantitatea de iod eliberată, iar aceasta la rîndul său depinde de cantitatea de fericianură conţinută în proba de înălbitor.

În general, majoritatea metodelor folosite la efectuarea determinării concentraţiilor componenţilor soluţiilor de prelucrare sînt metode clasice ale chimiei analitice şi au la bază titrarea volumetrică. Prepararea soluţiilor titrate, precum şi tehnica executării analizelor se desfăşoară în conformitate cu normele acesteia.

## 4. Determinarea pH-ului soluţiilor de prelucrare

Influenţa pH-ului (concentraţiei ionilor de hidrogen) a soluţiilor pentru prelucrarea peliculei are un rol deosebit de important asupra desfăşurării cantitative a reacţiilor de formare a imaginilor alb-negru şi color.

De aceea, măsurarea valorii pH-ului la soluţiile folosite pentru prelucrarea peliculelor are o importanţă foarte mare, atît pentru soluţiile de revelatori cît şi pentru celelalte soluţii.

Determinarea pH-ului se efectuează cu ajutorul unui aparat special denumit pH-metru.

Principiul determinării constă în măsurarea potenţialului unui electrod introdus în soluţia de analizat, potenţial care depinde direct de concentraţia ionilor de hidrogen din soluţia respectivă, deci de valoarea pH-ului ei.

Se foloseşte un electrod de sticlă în raport cu unul de calomel.

Curentul rezultat din diferenţa de potenţial de la suprafaţa electrozilor fiind foarte slab, este amplificat într-un amplificator electronic (cu care este prevăzut aparatul), după care acţionează indicatorul unui galvanometru de zero. Măsurarea se face pe calea compensării diferenţei de potenţial a electrozilor cu o sursă de curent conţinută în aparat, prin intermediul unui reostat. Butonul de comandă al acestuia e prevăzut cu o scală pe care sînt trecute valorile pH-ului în condiţia compensării indicate de punctul zero al galvanometrului.

Modul de lucru depinde de la un tip de aparat la altul şi el este arătat întotdeauna în instrucţiunile respective de folosire.

## 5. Periodicitatea analizelor şi a toleranţelor admisibile

Periodicitatea cu care se efectuează controlul chimic variază de la un proces la altul şi mai ales de la un component la altul. Aceasta datorită faptului că unele substanţe şi variaţia concentraţiei lor au o influenţă mai mare asupra obţinerii efectului fotografic, în timp ce influenţa altora este mai mică.

De asemenea la stabilirea periodicităţii efectuării controlului chimic al diferiţilor componenţi se ţine seama şi de gradul de stabilitate al lor ca atare, rezistenţa faţă de oxidare, consumarea lor intensă în procesele respective sau regenerarea lor în urma proceselor etc.

În general, componentul cel mai susceptibil de variaţii este KBr din revelatori, întrucît acesta rezultă ca produs secundar în procesul de revelare şi depinde mult de sortul, de tipul peliculei prelucrate şi de caracterul imaginii.

Urmează în ordine substanţele revelatoare color şi mai puţin cele alb-negru, precum şi valorile pH-ului.

Din această cauză, periodicitatea controlului acestor componenţi trebuie să fie mai ridicată decît a altora, ca: sulfitul şi carbonatul din revelatori, tiosulfatul din soluţiile de fixare, fericianura din soluţiile de înălbitori etc.

Toleranţele admise la variaţiile concentraţiilor componenţilor depind numai de importanţa pe care aceştia o au la obţinerea efectului fotografic şi nu trebuie ţinut seama la stabilirea lor de dificultăţile de menţinere a concentraţiilor în limitele respective.

Periodicitatea controlului chimic şi toleranţele admisibile ale variaţiilor concentraţiilor unor componenţi în cazul

Tabela 27

Periodicitatea controlului chimic şi toleranţele admisibile ale variaţiilor concentraţiilor unor componenţi

| Componentul | Procesul | Soluţia | Periodicitatea | | | | | Toleranţe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A | B | C | D | E | |
| KBr | Negativ a/n. | Revelator | x | | | | | ± 10% |
| | Negativ color | Revelator | | x | | | | ± 10% |
| | Pozitiv color | Revelator | | x | | | | ± 10% |
| | Pozitiv a/n. | Revelator | | | x | | | ± 10% |
| CD-3 | Negativ color | Revelator | | x | | | | ± 4% |
| CD-2 | Pozitiv color | Revelator | | x | | | | ± 4% |
| TSS | Pozitiv color | Revelator | | x | | | | ± 4% |
| Hidrochinonă | Negativ a/n | Revelator | | | | | x | ± 10% |
| | Pozitiv a/n | Revelator | | | | | x | ± 5% |
| Metol | Negativ a/n | Revelator | | | | | x | ± 15% |
| | Pozitiv a/n | Revelator | | | | | x | ± 10% |
| Sulfit de Na | Negativ a/n | Revelator | | | | | x | ± 5% |
| | Negativ color | Revelator | | | | | x | ± 10% |
| | Pozitiv a/n | Revelator | | | | | x | ± 10% |
| | Pozitiv color | Revelator | | | | | x | ± 10% |
| Carbonat Na sau K | Negativ color | Revelator | | | | | x | ± 5% |
| | Pozitiv a/n | Revelator | | | | | x | ± 10% |
| | Pozitiv color | Revelator | | | | | x | ± 4% |
| Tiosulfat Na | Toate procesele | Fixaje | | | | | x | ± 5% |
| Argint | Toate procesele | Fixaje | | | | | x | — |
| Ferricianură K | Procesele color | Înălbire | | | | | x | ± 5% |
| pH | Negativ a/n. | Revelator | x | | | | | ± 1% |
| | Negativ color | Revelator | x | | | | | ± 1% |
| | Pozitiv color | Revelator | x | | | | | ± 1% |
| | Pozitiv a/n | Revelator | | | x | | | ± 1% |
| | Toate procesele | Fixaje | | | x | | | ± 4% |

N o t ă :

A = de două ori pe zi.
B = o dată pe zi.
C = o dată la două zile.
D = o dată la trei zile.
E = o dată pe săptămînă.

unor procese bine echilibrate şi a unei tehnologii corespunzătoare sînt date în tabela 27.

În afara periodicităţii stabilite pentru controlul chimic, acesta este necesar a se face ori de cîte ori se observă variaţii în calitatea imaginii prelucrate sau rezultate contradictorii între datele controlului chimic şi sensitometric.

## 6. Menţinerea echilibrului chimic al soluţiilor de prelucrare

a. Compensarea chimică. În timpul prelucrării peliculelor în fiecare din soluţiile prin care trece pelicula se stabileşte un echilibru chimic între concentraţiile diferiţilor componenţi. În cazul echilibrului, valorile concentraţiilor respective în cuvele maşinii de developat trebuie să corespundă cu valorile stabilite de reţetele adoptate.

Datorită reacţiilor care au loc în procesele de prelucrare, echilibrul o dată realizat se modifică foarte repede, în timp ce pentru prelucrarea industrială standardizată acest echilibru trebuie menţinut constant un timp foarte îndelungat.

Menţinerea constantă a echilibrului concentraţiilor componenţilor soluţiilor se realizează pe calea adăugării în permanenţă, pe măsură ce se prelucrează diferite cantităţi de peliculă, în soluţiile din maşina de developat, a unor soluţii bine determinate calitativ şi cantitativ. Această operaţie se numeşte şi d o z a r e s a u c o m p e n s a r e c h i m i c ă.

b. Modificarea volumului dozării şi compoziţiei soluţiilor de compensare. Introducerea treptată în maşinile de developat a unor cantităţi corespunzătoare de soluţii de compensare înlocuieşte pierderile ce au loc datorită reacţiilor chimice sau ca urmare a antrenării de către peliculă a unui anumit volum de soluţie la trecerea sa dintr-o cuvă în alta.

De exemplu, în cazul revelatorilor, majoritatea substanţelor componente se consumă. Substanţele revelatoare pe de o parte participă direct la reducerea halogenurii de Ag, iar pe de altă parte sînt oxidate de către oxigenul din aer. Sulfitul de sodiu se combină cu produşii de oxidare ai substanţelor revelatoare, iar produsele alcaline neutralizează acidul bromhidric ce se formează în procesul revelării.

O situaţie diferită este însă aceea a substanţei antivoal, respectiv KBr. Datorită faptului că în urma revelării iau naştere ioni de Br, concentraţia KBr în soluţiile de revelatori creşte o dată cu cantitatea de peliculă developată, avînd loc un proces de acumulare a ei.

Pe de altă parte, fiecare metru de peliculă antrenează la ieşirea din ultima cuvă de revelator o cantitate de circa 7-10 $cm^3$ soluţie, ceea ce duce la o scădere treptată a nivelului revelatorului în cuve.

Pentru ca acţiunea chimico-fotografică a revelatorilor să fie permanent aceeaşi, este necesar ca prin compensare să se asigure menţinerea constantă în timp a concentraţiilor tuturor substanţelor componente, cît şi a nivelului lor în cuve.

În privinţa celorlalte soluţii de prelucrare, la baza determinării compensării lor stau aceleaşi considerente de înlocuire a substanţelor ce se consumă în reacţiile respective şi de completare a cantităţilor de soluţii transportate de pelicule.

La acestea însă, problema acumulării KBr nu se mai pune.

Compensarea chimico-volumetrică a soluţiilor trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

- soluţia de compensare trebuie să conţină în concentraţii mai mari decît în soluţia de bază acele substanţe care se consumă;

- în cazul revelatorilor, soluţia de compensare nu trebuie să conţină de loc (sau în concentraţii mult mai mici decît în bază) KBr, deoarece aceasta se acumulează în timpul revelării;

- concentraţiile substanţelor din soluţia de compensare trebuie corelate cu volumul dozării pentru a se asigura echilibrul chimic necesar;

- volumul dozării trebuie să compenseze pierderile de soluţii datorită antrenării lor de către peliculă.

O dată stabilită compoziţia şi volumul c o m p e n s ă r i i conform celor de mai sus, prepararea soluţiilor de compensare se face după reţetele stabilite, iar introducerea lor în maşină se face prin intermediul sistemelor de dozare cu care acestea sînt prevăzute, în volumele stabilite pentru fiecare metru de peliculă prelucrată.

În urma analizelor efectuate în cadrul controlului chimic pot apărea unele variaţii ale concentraţiilor componenţilor în soluţiile din maşini.

În masura în care aceste variaţii nu sînt prea mari, ele pot fi corectate prin modificarea în sensul necesar a volumului dozării.

La scăderi ale concentraţiilor componenţilor se măreşte volumul de dozare şi invers în cazul creşterii lor.

La modificarea volumului dozării la revelatori trebuie ţinut seama însă de variaţia KBr. La creşterea acesteia, dozarea se măreşte, iar la scăderea ei, dozarea se micşorează.

În măsura în care variaţiile sînt prea mari, iar la revelatori sensul lor nu este invers faţă de cel al KBr, corectarea lor nu se mai poate face pe calea schimbării volumului dozării şi, în aceste cazuri, se intervine la reţeta soluţiei de compensare, modificîndu-se în sensul necesar concentraţiile unor componenţi.

e. <u>Calculul compoziţiei şi volumului dozării soluţiilor de compensare.</u> Acest calcul se poate face pe baza formulei generale a compensării:

$$b\,K \pm \alpha = bC$$

în care: b este volumul dozării, în $\ell$/h; $\alpha$ - cantitatea de substanţă consumată sau acumulată, în g/h; C - concentraţia

aceleiaşi substanţe, necesară în soluţia de compensare, în g/l;
K - concentraţia aceleiaşi substanţe în maşina de developat, în condiţia de echilibru, conform reţetei adoptate, în g/l.

Cu această formulă, valorile K şi $\alpha$ fiind cunoscute, se poate determina compoziţia şi volumul dozării după cum urmează:

- în cazul substanţelor ce se consumă:

$$C_{g/l} = K + \frac{\alpha}{b}$$

şi

$$b\ l/h = \frac{\alpha}{C - K};$$

- în cazul substanţelor ce se acumulează:

$$C_{g/l} = K - \frac{\alpha}{b}$$

şi

$$b\ l/h = \frac{\alpha}{K - C}.$$

Cunoscînd viteza unei maşini de developat în m/h, se poate calcula şi volumul dozării în $cm^3/m$, exprimare folosită în practică de cele mai multe ori.

Calculul mai detaliat al compoziţiei şi volumului dozării soluţiilor de compensare, precum şi exemple practice de efectuare a lui au fost arătate pe larg într-un alt capitol.

d. Reglarea volumului de dozare. După cum s-a mai arătat în urma rezultatelor controlului chimic apare de multe ori necesitatea măririi sau micşorării volumului dozării.

Aceasta se realizează practic în funcţie de sistemul de dozatori cu care sînt prevăzute maşinile de developat respective. Astfel se pot prezenta următoarele cazuri:

- Sistem de dozatori cu doze fixe şi intervale de timp variabile; acest tip de dozatori are volumul de soluţie de compensare fix, iar timpul dintre introducerea în maşină a două doze consecutive este variabil. Sistemul de dozatori funcţionează în general pe bază de electrovane comandate de

impulsuri electrice de declanşare. Reglarea volumului de dozare în asemenea cazuri se face modificînd durata de timp dintre impulsuri.

- Sistem de dozatori cu doze variabile şi intervale de timp fixe; acest tip de dozatori are volumul de soluţie de compensare al unei doze variabil , iar timpul dintre introducerea în maşină a două doze consecutive este întotdeauna fix.Sistemul de dozatori funcţionează fie pe bază de electrovane comandate de impulsuri electrice de declanşare cu bază de timp fixă,nereglabilă, fie pe bază de vane mecanice comandate de un dispozitiv cuplat cu sistemul de tracţiune a maşinii de developat.

Reglarea volumului de dozare în asemenea cazuri se face modificînd nivelul soluţiei de compensare din dozatori(volumul unei doze).

- Sistem de dozatori în flux continuu; acest tip de dozatori funcţionează pe principiul rotametrilor şi ei lasă să pătrundă continuu soluţie de compensare în maşină. Reglarea volumului de dozare în asemenea cazuri se face modificînd cu un robinet debitul de trecere al soluţiei de compensare prin dozatorul-rotametru.

Independent de felul dozatorilor sau de natura proceselor, sistemul de compensare prin dozare trebuie să funcţioneze atîta vreme cît prin maşina respectivă trece pelicula ce se prelucrează.

Funcţionarea dozatorilor în timpul trecerii de pilot prin maşinile de developat ca şi nefuncţionarea lor în timpul trecerii materialelor ce se developează duc întotdeauna la dereglări importante în echilibrul chimic al soluţiilor.

Capitolul XXX

# CONTROLUL SENSITOMETRIC AL PROCESELOR DE PRELUCRARE A PELICULEI

## 1. Importanţa şi conţinutul controlului sensitometric şi legătura sa cu controlul chimic

În afară de controlul chimic pe cale analitică a compoziţiei soluţiilor de prelucrare este necesar a se efectua periodic şi un control asupra efectului fotografic obţinut în diferite procese.

Controlul efectului fotografic se realizează pe cale sensitometrică şi de aceea se numeşte şi c o n t r o l s e n s i t o m e t r i c.

Asupra efectului fotografic la o aceeaşi durată a timpului de developare acţionează atît felul şi concentraţia componenţilor chimici cît şi alţi factori, care nu sînt cuprinşi în cadrul controlului chimic şi care reprezintă condiţiile fizice ale developării. Astfel de factori sînt: temperatura soluţiilor, agitaţia revelatorului, condiţiile uscării etc.

Chiar în procese cu condiţii fizice identice şi cu soluţii revelatoare de aceeaşi componenţă chimică determinată analitic se observă uneori efecte fotografice diferite. Aceasta se datoreşte, pe de o parte, acumulării de produşi de oxidare ai substanţei revelatoare sau gelatinei, iar, pe de altă parte, datorită apariţiei în circuitul revelatorilor a unor produşi străini. Aceştia pot proveni din diferite fenomene de coroziune pe care soluţiile de prelucrare le exercită asupra reperelor metalice ale instalaţiei sau maşinii de developat şi scapă controlului chimic al componenţilor soluţiilor.

De asemenea există posibilitatea ca, uneori, într-o soluţie dată, să pătrundă accidental unele substanţe chimice străine, iar prezenţa lor să nu poată fi reperată la controlul

chimic la care se iau în analiză numai componenţii stabiliţi ai soluţiei respective. Astfel de substanţe chimice străine reţetei respective pot duce la obţinerea unui efect fotografic complet diferit.

Pentru prevenirea celor de mai sus şi în vederea asigurării unor condiţii constante de prelucrare a peliculelor se foloseşte în paralel cu controlul chimic şi controlul sensitometric.

Acesta reproduce efectul fotografic al unui proces în tot ansamblul său, în mod analog cu cel obţinut pe pelicula prelucrată.

Controlul sensitometric constă în a trece prin maşinile de developat, pentru fiecare proces în parte, anumite teste (sensitograme sau scale), expuse pe peliculă de tipul celei ce se prelucrează în procesul respectiv, şi de a determina pe ele efectul fotografic obţinut.

În cazul sensitogramelor, aceasta se face pe bază citirii densităţilor, trasării curbelor caracteristice şi a interpretării lor, iar în cazul scalelor, prin citirea şi compararea densităţilor obţinute cu anumite valori etalon sau prin observarea şi compararea vizuală a imaginii scalelor cu o imagine etalon.

Realizarea controlului sensitometric reclamă existenţa în dotare a unei aparaturi de precizie, sensitometre şi densitometre pentru pelicule alb-negru şi color.

În sensitometre se execută expunerea standard a sensitogramelor, în timp ce cu densitometrele se face citirea densităţilor argentice sau color obţinute.

Aparatura sensitometrică trebuie să funcţioneze în cele mai bune condiţii de constanţă şi reproductibilitate şi de aceea ea trebuie supusă unui control periodic sub acest raport.

Pentru ca un control sensitometric să dea bune rezultate, el trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

- peliculele virgine pe care se expun testele de control trebuie să fie uniforme pe toată lungimea lor în ceea ce priveşte caracteristicile fotografice, să-şi păstreze în timp

neschimbate caracteristicile inițiale și să fie păstrate în cpndițiile de temperatură și umiditate recomandate de fabrica producătoare;

- peliculele pentru testele de control trebuie să fie astfel alese încît să aibă o comportare față de diferitele variații ale proceselor identică cu aceea a peliculelor din producție;

- expunerea testelor, citirea densităților, trasarea curbelor și interpretarea rezultatelor să fie făcute întotdeauna în aceleași condiții;

- traseul testelor în mașinile de developat, timpii fazelor proceselor, parametrii fizici, precum și condițiile de uscare să fie aceleași cu a peliculelor din producție pentru procesul respectiv.

În urma rezultatelor controlului sensitometric, cînd se constată abateri de la parametrii fotografici necesari, însă aceste abateri nu sînt prea mari, se aplică corecții la prelucrarea materialelor. Aceste corecții se referă în general la durata timpului de developare.

În cazul cînd abaterile sînt însemnate, producția pe procesul respectiv trebuie oprită pînă la depistarea și înlăturarea cauzelor.

Pe această cale se realizează menținerea standarditățiî și a reproductibilității în timp a caracteristicilor fotografice ale producției.

În general, rezultatele controlului sensitometric trebuie să fie în concordanță cu rezultatele controlului chimic. Totuși, în practica curentă, de multe ori aceste rezultate nu concordă sau uneori au chiar sensuri contradictorii .

În asemenea cazuri trebuie evitat a se trage concluzii numai pe baza controlului chimic, oricît de exact ar fi el,și trebuie ținut seama de deosebirea ce există între aceste două sisteme de control.

În timp ce controlul chimic nu reflectă decît situația soluțiilor din punctul de vedere al concentrației componenților și în unele cazuri numai a unor componenți, controlul sen-

sitometric cuprinde procesul în întregul său ansamblu, inclusiv condiţiile fizice în care prelucrarea are loc.

Pe cale sensitometrică se poate determina o multitudine de parametri fotografici, ca, de exemplu: factorul de contrast $\gamma$, densitatea de voal Do, densitatea de control Dc, sensibilitatea S după diferite criterii, balansul de contrast şi de sensibilitate la peliculele color, latitudinea fotografică, densitatea maximă, curbele $\gamma = f(t)$, $Do = f(t)$, $S = f(t)$, $L = f(t)$ etc.

Dintre aceştia, în practica controlului sensitometric este suficient a se urmări numai factorul de contrast $\gamma$, densitatea de voal Do şi densităţile de control Dc; ceilalţi parametri sînt într-o bună măsură reflectaţi indirect de aceştia.

La procesele color, controlul sensitometric se face pe fiecare strat în parte.

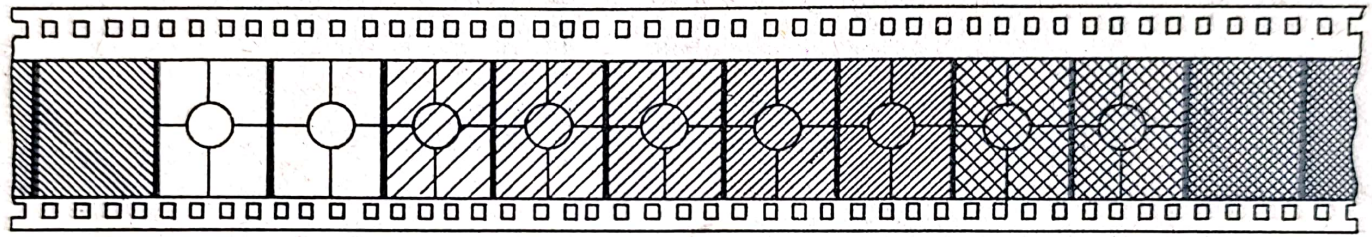
## 2. Controlul proceselor cu sensitograme şi scale

După cum s-a arătat, controlul sensitometric se efectuează cu sensitograme şi scale.

Sensitogramele prezintă avantajul că pe baza lor se pot determina toţi parametrii fotografici ce caracterizează un proces, inclusiv factorii de contrast. Totodată însă, folosirea sensitogramelor este o operaţie laborioasă, care cere un volum mare de lucru ce constă în: expunerea, citirea densităţilor, trasarea curbelor caracteristice, interpretarea lor etc,, ceea ce duce la o scădere a operativităţii controlului.

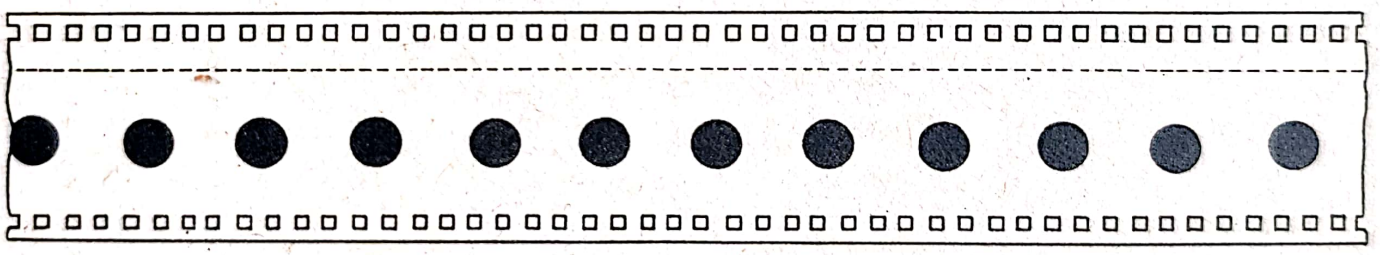
De aceea, periodicitatea controlului cu sensitograme, mai ales în cazul proceselor bine echilibrate, nu este justificată a fi mai ridicată decît o dată pe zi pentru fiecare proces.

Scalele oferă avantajul unei operativităţi a controlului mult mai mare şi ele dau suficiente indicaţii pentru aprecierea indirectă şi a altor parametri de prelucrare în afară de densităţi, mai ales cînd intervalul acestora cuprins în scală



$D_1 < D_2 < D_3 < D_4 < D_5 < D_6 < D_7 < D_8 < D_9$

*Scală pentru procese alb-negru*



$D_g = D_p = D_a$

*Scală pentru proces color*

**Fig.222. Scale cu buline.**



Scanned with OKEN Scanner

este destul de mare. Obţinerea unor densităţi conform etaloanelor, de la cele mai mici pînă la cele mai mari, indică şi respectarea valorii etalon a factorului de contrast, a valorilor Do şi $D_{max}$, a latitudinii fotografice etc.

Scalele pot fi obţinute prin filmare şi în acest caz servesc controlului proceselor negative alb-negru sau color, sau prin copiere, în acest caz servind la controlul celorlalte procese.

Scalele copiate este indicat a fi formate din densităţi sub formă de cercuri (buline) cu diametrul de 8-10 mm, fiecare cerc fiind plasat în mijlocul unei fotograme, astfel ca între ele să rămînă suficient spaţiu gol (fig.222).

Prin aceasta se înlătură erorile provocate de developarea dirijată sau de neuniformităţile de expunere ale plajelor, acest lucru constituind un avantaj important pentru precizia determinării densităţilor spre deosebire de cazul sensitogramelor.

De aceea, un control sensitometric judicios trebuie să folosească amîndouă mijloacele, intercalînd între controlul cu sensitograme şi controlul cu scale. Acestea din urmă trebuie folosite mai ales la procesele pozitive de mare productivitate, unde periodicitatea controlului şi operativitatea sa trebuie să fie mai ridicate.

## 3. Efectuarea controlului proceselor negative, pozitive şi de contratipare

Peliculele virgine folosite pentru expunerea sensitogramelor şi a scalelor de control trebuie să fie de acelaşi tip cu cele ce se prelucrează în mod curent pe procesele respective controlate.

Sensitogramele pentru control se expun în condiţii standard corespunzătoare pentru fiecare tip de peliculă şi proces. Expunerea sensitogramelor de control se face o dată pentru mai multe zile, de exemplu o dată pe săptămînă.

Scanned with OKEN Scanner

Scalele se copiază o dată pe cîte o bobină de 300 m de peliculă, după care la fiecare control se rupe cîte o bucată din bobina astfel copiată şi se developează. Copierea lor se face după o fotogramă statică, fie după o buclă de negativ de scală.

Sensitogramele expuse şi scalele copiate se păstrează pînă la folosire în cutii bine închise, ferite de umezeală şi căldură.

Developarea de control se face trecînd sensitogramele sau scalele prin maşina de developat, avînd grijă ca să urmeze toate fazele cu parametrii chimici şi fizici corespunzători proceselor, exact ca şi materialele de prelucrat.

Timpii de developare sînt standardizaţi şi astfel aleşi ca în condiţiile developării normale a peliculei de control să asigure obţinerea parametrilor optimi recomandaţi de fabrica producătoare .

Pentru un proces dat, toate controalele se developează întotdeauna în acelaşi timp de developare.

După developare, scalele şi sensitogramele sînt duse la sensitometrie, unde se face citirea densităţilor obţinute, la sensitograme, trasîndu-se şi curbele caracteristice.

Pe baza acestor date se analizează parametrii fotografici obţinuţi şi corespondenţa lor cu anumite valori etalon.

In cazul constatării unor abateri se procedează la oprirea şi echilibrarea procesului respectiv, sau la aplicarea unor anumite corecţii asupra parametrilor de developare, după cum se va arăta mai departe.

Procesul negativ alb-negru şi procesul negativ color se controlează o dată pe zi prin cîte o sensitogramă. Aceasta se developează înaintea pornirii lucrărilor.

Parametrii ce se controlează la aceste procese sînt: factorul de contrast $\gamma$, două densităţi de control $Dc_1$ şi $Dc_2$ corespunzătoare la două plaje bine determinate ale sensitogramei, densitatea de voal Do şi densitatea maximă $D_{max}$.

La procesul negativ color, fiecare din acești parametri se determină pentru fiecare strat în parte.

Procesul pozitiv alb-negru în care se developează de obicei pe lîngă sorturile de copii pozitive și negativele de sunet și titluri se controlează o dată pe zi prin cîte o sensitogramă însoțită și de o scală, iar în cursul zilei controlul cu scală se repetă încă de 3-4 ori.

Parametrii ce se controlează la acest proces sînt: factorul de contrast $\gamma$ și densitatea de voal Do pe sensitogramă, precum și densitățile de control pe scale.

Procesul pozitiv color se controlează de asemenea o dată pe zi prin cîte o sensitogramă însoțită de scală, iar în cursul zilei controlul cu scală se repetă la interval de 2-3 h.

Ca și în cazul procesului pozitiv alb-negru la procesul pozitiv color se controlează factorul de contrast $\gamma$ și densitatea de voal Do pe sensitogramă, iar pe scale - densitățile de control.

Acești parametri se determină în cazul procesului pozitiv color pentru fiecare strat în parte.

În cazul acestui proces se mai controlează o dată pe zi și redeveloparea sunetului Acest control se efectuează cu ajutorul unor teste formate din liniște lată copiată pe peliculă pozitivă alb-negru și developată în procesul pozitiv alb-negru la o anumită densitate.

Acest test se trece o dată cu sensitograma de control prin procesul pozitiv color și după aceea se determină densitatea sunetului realizată în urma redevelopării. Aceasta trebuie să corespundă unei valori etalon stabilită.

Atît la procesul pozitiv color cît și la cel alb-negru, cînd mașinile destinate lor au mai multe laturi, controlul sensitometric trebuie efectuat pe fiecare latură în parte, ca și cum ar fi mașini separate.

Procesele lavandă și contratip alb-negru, care în general se desfășoară pe aceeași mașină de developat, se contro-

leazã o datã pe zi cu douã sensitograme, cîte una pentru fiecare sortiment: una expusã pe peliculã dup-pozitiv şi cealaltã pe peliculã dup-negativ. Fiecare se developeazã la timpul de developare standard stabilit pentru sortimentul respectiv.

Parametrii ce se controleazã sînt urmãtorii: factorii de contrast $\gamma$ , densitãţile de control Dc, densitatea de voal Do, precum şi densitatea maximã $D_{max}$.

Procesul de contratipare color (interpozitiv şi internegativ Eastman color) fiind acelaşi pentru ambele faze, se controleazã o datã pe zi printr-o singurã sensitogramã expusã pe peliculã Intermediate 5253.

Parametrii controlaţi sînt: factorii de contrast $\gamma$ ,densitãţile de control Dc şi densitãţile de voal Do. Controlul lor se face ca la toate procesele color pe fiecare strat în parte.

## 4. Interpretarea rezultatelor şi determinarea corecţiilor de minutaj sau temperaturã

Parametrii fotografici obţinuţi pe sensitogramele şi scalele de control, dupã cum s-a arãtat, se comparã cu anumite valori etalon stabilite pentru fiecare în parte.

La aceastã analizã trebuie întotdeauna ţinut seama şi de rezultatele controlului chimic al componenţilor. Acesta poate confirma unele variaţii ale efectului fotografic şi sensul lor şi, în acest caz, se stabileşte intervenţia de corectare a concentraţiei componenţilor în cauzã.

În cazurile în care însã unele variaţii ale efectului fotografic nu sînt explicate de rezultatele controlului chimic, înseamnã fie cã au intervenit schimbãri în condiţiile fizice ale procesului respectiv, fie cã în echilibrul chimic au survenit modificãri produse de compuşi de oxidare, impurificãri accidentale etc. În aceastã situaţie, înaintea echilibrãrii pe cale chimicã a efectului fotografic trebuie depistatã şi înlãturatã cauza care a produs dezechilibrul.

Scanned with OKEN Scanner

În urma comparării valorilor parametrilor obţinute la controlul sensitometric cu valorile etalon pot apărea trei situaţii:

- Valorile parametrilor controlaţi corespund cu valorile stabilite ca etalon. În acest caz, procesul se consideră corespunzător şi producţia se poate desfăşura în condiţii normale.

- Valorile parametrilor controlaţi indică abateri însemnate faţă de valorile etalon. În acest caz se repetă controlul pentru verificarea acestui lucru şi, în caz de confirmare, procesul respectiv se opreşte din producţie pentru depistarea şi înlăturarea cauzelor dezechilibrului.

- Valorile parametrilor controlaţi indică abateri relativ mici, într-o măsură oarecare inerente proceselor fotografice, iar aceste abateri sînt concomitente şi în acelaşi sens, atît în ceea ce priveşte coeficientul de contrast cît şi densităţile. În acest caz se apreciază şi se stabilesc anumite corecţii ce se vor aplica prelucrării materialelor pe maşina respectivă, corecţii care sînt în măsură să compenseze variaţiile constatate, asigurîndu-se astfel obţinerea la lucrările prelucrate a parametrilor standard.

Corecţiile se aplică asupra timpului de developare şi mai rar asupra temperaturii.

Stabilirea valorii lor se face pe baza curbelor $\gamma = f(t)$ şi $Dc = f(t)$ ale peliculelor respective.

Astfel, ca exemplu, abateri la procesul negativ imagine alb-negru de ordinul $\pm$ 0,05 pentru $\gamma$ şi $\pm$ 0,05 pentru D se compensează cu o corecţie a timpului de developare de circa $\pm$ 45 s.

La lavenzi şi contratipe, factorul $\gamma$ variază puţin la modificări relativ mici ale timpului de developare, în timp ce densităţile lor simt mult mai uşor asemenea modificări.

Astfel, de exemplu, la aceste sortimente o modificare a timpului de developare cu $\pm$ 30 s aduce variaţii neînsemnate ale factorului $\gamma$, în timp ce densităţile pot varia la lavenzi cu $\pm$ 0,10, iar la contratipe cu $\pm$ 0,05.

La pozitive, de asemenea, corecţiile aplicate timpului de developare se reflectă mai puternic asupra densităţilor decît asupra factorului de contrast. La aceste pelicule, o corecţie de ± 3o s aplicată timpului de developare poate determina variaţia densităţii cu ± o,15, fără a modifica simţitor valoarea $\gamma$ .

La peliculele Intermediate, variaţia timpului de developare are o influenţă mai mică. Astfel, pentru variaţii ale duratei developării de ± 6o s se obţin variaţii ale densităţilor de maximum ± o,1o, în timp ce factorul de contrast rămîne aproape neschimbat.

Corecţiile stabilite în urma controlului sensitometric, dacă au valori relativ mici, se aplică direct duratei de developare a procesului în cauză. Ele se adaugă sau se scad din timpul de developare stabilit pentru toate lucrările ce se execută, pînă la controlul următor.

Cînd corecţiile au valori mai mari, înainte de aplicarea lor la materialele de prelucrat se mai verifică o dată exactitatea aprecierii lor printr-un control suplimentar care se developează cu aceste corecţii.

În cazul peliculelor color, balansul celor trei straturi nu poate fi modificat pe calea aplicării corecţiilor, acesta depinzînd de condiţiile chimice şi fizice ale procesului şi numai în mică măsură de durata timpului de developare (în limitele unor valori normale ale acesteia).

De aceea, în cazurile cînd la controlul sensitometric al proceselor color se constată asemenea debalansări, procesul respectiv trebuie oprit şi căutate şi înlăturate cauzele.

## 5. Toleranţele admisibile de variaţie a caracteristicilor sensitometrice care se controlează ( $\gamma$ , Dc şi Do)

În procesele de prelucrare, unele variaţii ale efectelor fotografice sînt inerente.

Controlul sensitometric arată întotdeauna variaţii ale parametrilor controlaţi faţă de valorile etalon stabilite pentru aceştia. Aceste variaţii însă pot avea loc în anumite limite, fără a fi nevoie de aplicarea corecţiilor. Aceste limite sînt bine determinate şi la stabilirea lor s-a ţinut seama ca abaterile faţă de valorile etalon să nu afecteze calitatea fotografică.

Toleranţele admisibile de variaţie a caracteristicilor sensitometrice ce se controlează diferă de la proces la proces şi ele au următoarele limite:

- procesul negativ alb-negru:

$$Do = Do_{etalon} \pm 0,02;$$
$$\gamma = \gamma_{etalon} \pm 0,03;$$
$$Dc = Dc_{etalon} \pm 0,03;$$

- procesul negativ color are aceleaşi toleranţe, însă ele se aplică pentru fiecare strat în parte;

- procesul pozitiv alb-negru:

$$\gamma = \gamma_{etalon} \pm 0,10;$$
$$Dc = Dc_{etalon} \pm 0,05;$$
$$(Dc_{etalon} \sim 1,0);$$

- procesul pozitiv color;

$$\gamma = \gamma_{etalon} \pm 0,10;$$
$$Dc = Dc_{etalon} \pm 0,03;$$
$$(Dc_{etalon} \sim 1,0);$$

la acest proces, valorile $\gamma$ şi Dc se consideră pentru fiecare strat în parte ( $\gamma_g$ ; $\gamma_p$; $\gamma_a$; $Dc_g$; $Dc_p$; $Dc_a$);

- procesul lavandă:

$$\gamma = \gamma_{etalon} \pm 0,1;$$

$$(\gamma_{etalon} \sim 1,4);$$

$$Dc = Dc_{etalon} \pm 0,1;$$

$$(Dc_{etalon} \sim 1,5);$$

- procesul contratip alb-negru:

$$\gamma = \gamma_{etalon} \pm 0,05;$$

$$(\gamma_{etalon} \sim 0,65);$$

$$Dc = Dc_{etalon} \pm 0,1o;$$

$$(Dc_{etalon} \sim 1,2);$$

- procesul interpozitiv şi internegativ color;

$$\gamma = \gamma_{etalon} \pm 0,05;$$

$$(\gamma_{etalon} \sim 1,o);$$

$$Dc = Dc_{etalon} \pm 0,05;$$

$$(Dc_{etalon} \sim 1,o);$$

- procesul de redevelopare a fonogramei color;

$$DAg = D\,Ag_{etalon} \pm 0,05;$$

$$(D\,Ag_{etalon} \sim 1,4).$$

Capitolul XXXI

## PROTECŢIA MUNCII ÎN LABORATOARELE DE PRELUCRARE A PELICULEI

### 1. Generalităţi

În ţara noastră protecţia muncii este o problemă de stat.

Salariaţii au datoria să-şi însuşească şi să aplice cu rigurozitate normele de protecţiea muncii,care îi feresc de accidente ce pot avea urmări deosebit de grave, uneori chiar mortale.

Instructajele de protecţie a muncii sînt de trei feluri:

- Instructajul introductiv general se face pentru toţi salariaţii veniţi pentru prima oară în întreprindere (angajaţi, transferaţi, elevi şi studenţi la practică). Acest instructaj cuprinde norme generale pentru prevenirea accidentelor de muncă şi a îmbolnăvirilor profesionale şi are scopul de a lămuri necesitatea aplicării regulilor de protecţie a muncii.

- Instructajul la locul de muncă se face de către responsabilul locului de muncă noilor angajaţi sau celor veniţi pentru practică.

Instructajul cuprinde normele specifice de protecţie a muncii pentru atelierul respectiv.

- Instructajul periodic se face cel puţin o dată pe lună, tot de către responsabilul locului de muncă, şi cuprinde normele specifice de protecţie a muncii.

Toate aceste instructaje sînt trecute sub semnătură în fişa individuală a salariatului.

Scanned with OKEN Scanner

## 2. Normele de protecţie a muncii pentru laboratoarele de prelucrare a peliculei

În cadrul cinematografiei, problemele protecţiei muncii sînt reglementate pe baza normelor Comitetului de Stat pentru Cultură şi Artă.

Laboratoarele de prelucrare a peliculei sînt unităţi de producţie cu un proces tehnologic complex, cu utilaje variate şi numeroase, cu locuri de muncă ce prezintă periculozitate accentuată în procesul de producţie.

Din aceste motive, cunoaşterea şi aplicarea normelor de protecţie a muncii reprezintă o condiţie de bază a desfăşurării activităţii acestei unităţi de producţie.

Principalele norme de protecţie a muncii pentru laboratoarele de prelucrare a peliculei sînt generate de următoarele condiţii specifice în care se desfăşoară munca în aceste sectoare:

- pericol sporit de incendii, în special cînd se prelucrează filme cu suport inflamabil;
- pericol de electrocutare, îndeosebi la atelierele care lucrează cu soluţii;
- pericol de intoxicaţii sau otrăviri cu substanţe chimice, care se utilizează pe scară largă în laboratoare.

În legătură cu cele de mai sus se impune ca toţi salariaţii laboratoarelor să îndeplinească cu rigurozitate normele de protecţie a muncii.

În continuare ne vom ocupa de cele mai importante dintre acestea, şi anume:

a) Salariaţii sînt admişi la locul de muncă numai după efectuarea instructajelor de protecţie a muncii şi a controlului medical.

b) Salariaţii sînt obligaţi să utilizeze echipamentul de protecţie (halate, salopete, mănuşi de cauciuc etc.) şi să folosească permanent materiale de protecţie (periuţe şi pasta de dinţi, periuţe de unghii, săpun, prosoape etc.). Echipamentul şi materialele de protecţie se suportă parţial sau integral de către întreprindere.

c) Consumarea laptelui care se acordă ca antidot pentru atmosfera toxică trebuie să se facă zilnic şi numai în timpul serviciului.

d) Se vor respecta cu stricteţe normele de pază contra incendiilor, deoarece incendiile pot provoca accidente grave.

În această privinţă e necesar ca:

- să nu se fumeze decît în locurile indicate;
- să nu se folosească foc deschis în ateliere;
- să nu se blocheze căile de acces cu peliculă sau alte materiale;
- pelicula să se păstreze numai în cutii metalice;
- să se manipuleze cu multă atenţie lichidele inflamabile (acetonă, neofalină, eter etc.); acestea se vor păstra în sticle închise ermetic şi numai în cantităţi de maximum o,5 l la fiecare loc de muncă;
- să nu se lucreze cu peliculă inflamabilă decît numai cu aprobare şi respectînd condiţiile de manipulare şi depozitare; trebuie cunoscute acţiunile pentru stingerea unui început de incendiu (manipularea stingătoarelor, lopeţi, nisip etc.).

e) Se vor respecta cu rigorozitate normele de electrosecuritate pentru a se evita accidentele prin electrocutare. Pe această linie se impune:

- să nu se umble la instalaţiile electrice ale utilajelor sau la instalaţia de iluminat; defecţiunile se semnalează electricienilor, singurii în măsură să intervină;
- părţile metalice ale utilajelor cu motoare electrice se leagă la pămînt;
- se vor utiliza numai lămpi portative alimentate la tensiuni nepericuloase (12-24 V);
- în caz de electrocutare se deconectează imediat instalaţia electrică respectivă şi se îndepărtează rapid accidentatul cu un obiect izolat (scîndură, cauciuc etc.); se anunţă urgent policlinica şi se efectuează respiraţie artificială, dacă este cazul.

f) Toate operaţiile de producţie trebuie executate cu mare atenţie, utilizînd instalaţii şi unelte în perfectă stare.

g) Deservirea sau verificarea instalaţiilor utilajelor aflate la înălţime se va face utilizînd scări care asigură o securitate deplină. Este contraindicată folosirea de scări defecte sau urcarea pe conducte sau maşini.

h) Sînt interzise intervenţiile la dispozitivele şi angrenajele diferitelor maşini din laborator (de copiat, de developat etc.), atunci cînd acestea se află în stare de funcţionare.

i) Deplasarea prin încăperile întunecate trebuie să se facă cu multă atenţie, pentru a se evita lovirea violentă a corpului de utilaje, mese, dulapuri etc. La ieşirea din camere obscure, salariaţii sînt obligaţi să poarte ochelari de soare pentru protejarea vederii.

j) Se va evita pe cît posibil contactul cu soluţiile de prelucrare şi în special cu revelatorii color.

Pentru protecţie se folosesc mănuşi medicinale de cauciuc.

Dacă soluţia de revelator color (ce conţine dietilparafenilendiamină) ajunge în contact cu pielea, locul atins se va clăti mai întîi cu o soluţie neutralizantă (acid acetic 3%) şi apoi se va spăla foarte bine cu apă şi săpun.

Nerespectarea acestor măsuri duce la iritaţii, intoxicaţii şi stări alergice.

k)Salariaţii care lucrează în mod curent cu substanţe chimice şi reactivi chimici trebuie să respecte următoarele norme:

- lucrările de chimie analitică ce sînt însoţite de degajare de vapori toxici (oxizi de azot, bioxid de sulf etc.) şi distilări de solvenţi organici (acetonă, eter etc.) se vor efectua sub nişă, al cărei sistem de ventilaţie trebuie să fie în bună stare de funcţionare;

- acizii concentraţi (sulfuric, clorhidric şi acetic)se transportă în vase protejate cu coşuri care se aşază pe cărucioare special amenajate;

- scoaterea acizilor din vasele de depozitare se face cu ajutorul unor sifoane speciale;

- diluarea acidului sulfuric concentrat se face numai prin turnarea treptată a acidului în apă şi nu invers; în caz contrar există pericolul ca acidul să sară pe faţă;

- hidroxilamina şi sulfitul de sodiu dacă vin în contact în stare solidă provoacă explozii, de aceea aceste două substanţe trebuie păstrate în încăperi separate.

1) În cazurile unor arsuri sau otrăviri cu substanţe chimice se anunţă de urgenţă medicul şi se iau următoarele măsuri de prim-ajutor;

- pentru arsuri la ochi provocate de acizi sau baze se spală locurile atinse cu multă apă şi apoi cu soluţie de 2 % acid boric sau, respectiv, cu o soluţie de 3 % bicarbonat de sodiu;

- la otrăviri cu gaze toxice se scoate otrăvitul din zona periculoasă, i se desface gulerul şi, dacă este cazul, i se face respiraţie artificială;

- la otrăviri pe cale bucală se va provoca vomitarea; dacă otrăvitul nu este leşinat, i se va administra o lingură de cărbune animal; dacă otrăvirea s-a produs cu substanţe caustice, i se va administra lapte.

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

## Partea întîi

## CHIMIA FOTOGRAFICĂ


| | | Pag. |
|---|---|---|
| Cap.I. | Noţiuni introductive ..... | 4 |
| | 1.Definiţia noţiunii de proces fotografic ..... | 4 |
| | 2.Obţinerea imaginii fotografice ..... | 4 |
| | 3.Componenţa straturilor fotografice ..... | 6 |
| | 4.Obţinerea imaginii vizibile ..... | 7 |
| | 5.Imaginea negativă şi imaginea pozitivă ..... | 8 |
| | 6.Aplicaţiile fotografiei ..... | 9 |
| Cap.II. | Formarea şi proprietăţile imaginii fotografice latente..... | 11 |
| A. | Formarea imaginii latente ..... | 11 |
| | 1. Natura chimică a imaginii latente..... | 11 |
| | 2. Centre de sensibilitate .,..... | 16 |
| | 3. Fotoconductibilitatea şi conductibilitatea ionică a cristalelor de halogenură de argint ..... | 18 |
| | 4. Absorbţia luminii de către o emulsie fotografică ..... | 19 |
| | 5. Teoria lui Gurney şi Mott asupra formării imaginii latente ..... | 23 |
| B. | Proprietăţile imaginii latente ..... | 28 |
| | 1.Dispersia şi distribuţia centrelor de imagine latentă ..... | 28 |
| | 2.Subcentre şi centre de imagine latentă..... | 28 |
| | 3.Topografia centrelor de imagine latentă..... | 29 |
| | 4.Evoluţia şi regresia imaginii latente..... | 3o |
| C. | Factori care modifică procesul fotografic .... | 32 |
| | 1.Abaterile de la reciprocitate ..... | 32 |
| | 2. Modificarea abaterilor de la reciprocitate în cazul expunerilor în mai multe trepte (intermitente) ..... | 36 |
| | 3.Fenomenul de solarizarea ..... | 37 |
| | 4.Efecte fotografice ..... | 38 |
| Cap.III. | Sensibilizarea optică ..... | 4o |
| | Principiul şi tehnica stabilizării optice..... | 4o |
| | 1.Sensibilitatea spectrală a emulsiilor fotografice nesensibilizate ..... | 4o |
| | 2.Principiul sensibilizării optice..... | 41 |
| | 3.Coloranţi sensibilizatori..... | 43 |
| | 4.Proprietăţile unui sensibilizator optic..... | 47 |
| | 5.Mecanismul sensibilizării optice..... | 5o |
| | 6.Fenomenul de desensibilizare..... | 52 |
| | 7.Grupe de materiale sensibilizate optic folosite în practică ..... | 53 |


Scanned with OKEN Scanner

Pag.

Cap.IV. Developarea imaginii fotografice..... 55
A.Reacţia de developare..... 55
1.Principiul reacţiei de developare ..... 55
2.Developarea ca reacţie de oxidoreducere... 57
3.Perioada de inducţie a developării ..... 61
4.Forma şi structura grăunţilor developaţi.. 61
5.Mecanismul developării ..... 63
6.Voalul fotografic ..... 66
B.Compoziţia revelatorilor şi reacţiile procesului de developare..... 67
1.Agenţii de developare ..... 67
2.Relaţii între acţiunea de developare şi constituţia revelatorilor..... 82
3.Constituenţii băilor de developare..... 83
4.Prepararea revelatorilor..... 86
5.Tipuri de revelatori uzuali..... 87
C. Cinetica reacţiei de developare a imaginilor fotografice..... 92
1.Generalităţi asupra cineticii procesului de developare ..... 92
2.Factori care modifică cinetica procesului de developare..... 94
3.Influenţa concentraţiei componenţilor băii de developare asupra cineticii developării..... 95
4.Influenţa temperaturii asupra vitezei de developare ..... 98
5.Selectivitatea revelatorilor..... 100
6.Acceleratori ai developării ..... 103
Cap.V. Procese de prelucrare ulterioare developării 103
A.Oprirea,fixarea şi spălarea straturilor developate ..... 103
1.Baia de oprire..... 104
2.Fixarea ..... 105
3.Factori care influenţează viteza de fixare ..... 108
4.Durata utilă a băii de fixare..... 110
5.Tipuri de fixatori..... 111
6.Acţiunea de coroziune a soluţiilor de fixare..... 112
7.Regenerarea soluţiilor de fixare ..... 112
8.Spălarea straturilor fotografice prelucrate ..... 114
9.Uscarea materialelor fotografice..... 116
B.Procedee de corectare a imaginilor fotografice ..... 117
1.Slăbirea..... 117
2.Întărirea ..... 122
3.Virarea ..... 125
4.Inversarea imaginilor fotografice..... 127
Cap.VI. Sensitometria imaginilor fotografice..... 131
A.Determinarea sensibilităţii fotografice..... 131
1.Principiul determinării sensibilităţii fotografice..... 131
2.Curba caracteristică ..... 133

Scanned with OKEN Scanner

| | | Pag. |
|---|---|---|
| 3. | Etapele încercărilor sensitometrice..... | 134 |
| 4. | Construcţia sensitometrelor..... | 135 |
| 5. | Tipuri de sensitometre..... | 141 |
| 6. | Developarea sensitogramelor..... | 142 |
| 7. | Densitatea optică şi măsurarea ei..... | 145 |
| B. | Proprietăţile sensitometrice ale materialelor fotografice ..... | 152 |
| 1. | Sensibilitatea fotografică ..... | 152 |
| 2. | Gradientul curbei caracteristice şi contrastul imaginii fotografice ..... | 156 |
| 3. | Latitudinea de fotografiere..... | 158 |
| 4. | Pragul de voal..... | 158 |
| 5. | Dependenţa coeficientului de contrast de developare ..... | 159 |
| 6. | Dependenţa sensibilităţii şi a voalului de durata developării ..... | 160 |
| C. | Măsurarea sensibilităţii spectrale ..... | 161 |
| 1. | Principiul determinării sensibilităţii spectrale..... ..... | 161 |
| 2. | Determinarea sensibilităţii spectrale cu ajutorul scalelor de culori..... | 162 |
| Cap.VII. | Structura şi proprietăţile imaginii fotografice developate ..... | 163 |
| A. | Caracteristici ale imaginilor fotografice developate..... | 163 |
| 1. | Structura granulară a imaginii developate ..... | 163 |
| 2. | Capacitatea de rezoluţie (de separaţie).. | 165 |
| 3. | Claritatea imaginii fotografice..... | 169 |
| B. | Defecte posibile ale imaginii developate.... | 171 |
| 1. | Formarea de aureole..... | 171 |
| 2. | Efecte marginale şi efecte de dirijare... | 173 |
| Cap.VIII. | Bazele fizico-chimice ale fotografierii în culori..... | 175 |
| A. | Principiul reproducerii culorilor..... | 175 |
| 1. | Principiul vizionării culorilor..... | 175 |
| 2. | Caracteristicile culorii ..... | 176 |
| 3. | Amestecurile de culori ..... | 177 |
| 4. | Selecţia culorilor ..... | 177 |
| 5. | Principiul tricromiei ..... | 178 |
| 6. | Metode de sinteză a culorilor..... | 178 |
| 7. | Filtre de selecţie monocromă ..... | 178 |
| 8. | Obţinerea imaginilor fotografice în culori..... | 180 |
| 9. | Executarea negativelor de selecţie de pe originale policrome..... | 187 |

Pag.

B. Obţinerea imaginilor colorate pe materiale cu straturi suprapuse de emulsii..... 188

1. Structura unui material fotografic cu straturi suprapuse de emulsii 188
2. Developarea cromogenă ..... 192
3. Agenţi pentru developarea cromogenă..... 194
4. Constituţia revelatorilor cromogeni..... 194
5. Condiţiile ce se impun la developarea cromogenă..... 197
6. Defecte ale developării cromogene..... 197
7. Coloranţi obţinuţi la developarea filmelor în culori şi caracteristicile lor..... 198
8. Principalele procedee de developare a imaginilor în culori ..... 199
9. Controlul şi corectarea imaginilor în culori ..... 2o1

C. Sensitometria imaginilor în culori ..... 2o5

1. Importanţa şi domeniul de aplicabilitate a sensitometriei color..... 2o5
2. Densităţi pure sau absolute şi densităţi vizual echivalente ale imaginilor în culori ..... 2o5
3. Măsurarea densităţii imaginilor color... 2o7
4. Obţinerea sensitogramelor în sensitometria color..... 2o9
5. Trasarea curbelor caracteristice şi determinarea caracteristicilor sensitometrice..... 21o

Cap. IX. Teoria reproducerii tonurilor şi a semitonurilor ..... 215

1. Rolul redării semitonurilor şi reproducerile fotografice..... 215
2. Obiectul fotografierii ..... 217
3. Imaginea optică în camera de luat vederi ..... 218
4. Imaginea fotografică negativă..... 222
5. Imaginea fotografică pozitivă..... 224
6. Graficul reproducerii tonurilor şi semitonurilor ..... 226
7. Imaginea optică pe ecran ..... 228
8. Reproducerea în procesul fotografic real..... 229
9. Particularităţile de prelucrare a materialelor fotografice legate de reproducerea semitonurilor..... 23o

Pag.

## Partea a doua

## TEHNOLOGIA PRELUCRĂRII PELICULEI
## NOŢIUNI INTRODUCTIVE


Cap. X. Tehnica developării peliculelor alb-negru şi color ..... 235

A. Generalităţi despre developare..... 235

B. Tehnica procesului de revelare ..... 237

1. Factorii chimici care determină viteza şi rezultatele procesului de revelare. 237
2. Tipuri şi reţete de revelatori pentru peliculele alb-negru şi color.. 246
3. Compensarea chimică şi volumetrică a consumurilor de revelator ..... 257
4. Factorii fizici care influenţează viteza şi rezultatele procesului de revelare..... 262
5. Realizarea tehnologică a sistemului de revelare în maşinile de developat.. 272

C. Tehnica procesului de fixare..... 272

1. Factorii fizico-chimici care determină viteza şi rezultatele fixării..... 278
2. Tipuri şi reţete ale soluţiilor uzuale de fixare..... 282
3. Realizarea tehnologică a sistemului de fixare ..... 286

D. Tehnica altor procese ale developării ... 291

1. Tehnica şi realizarea tehnologică a spălării peliculei ..... 291
2. Tehnica şi realizarea tehnologică a procesului de înălbire a peliculelor color..... 297

Cap.XI. Maşinile de developat ..... 298

1. Principalele condiţii tehnice impuse maşinilor de developat ..... 298
2. Schema de principiu a maşinii de developat ..... 299
3. Mecanismul transportor ..... 303
4. Cuve şi bazine pentru soluţii ..... 310
5. Dispozitive de dozare (dozatorii) .... 313
6. Instalaţiile şi dispozitivele circuitului de termostatare ..... 317
7. Dispozitive pentru curăţirea soluţiilor..... 319


Scanned with OKEN Scanner

Pag.

8. Instalaţiile pentru uscarea peliculei... 320
9. Exploatarea maşinilor de developat..... 323
10. Principalele caracteristici tehnice ale diferitelor tipuri de maşini de developat 327

Cap.XII. Tehnica copierii ..... 335
1. Clasificarea procedeelor de copiere a peliculei ..... 335
2. Influenţa procesului de copiere asupra calităţii fotografice a imaginii..... 337
3. Ecartul de lumină şi treptele de expunere la copiere ..... 340
4. Fotocopierea impurităţilor şi a defectelor prezentate de suprafeţele negativului.... 340

Cap.XIII. Maşini de copiat ..... 343
1. Principiul de funcţionare al maşinilor de copiat ..... 343
2. Mecanismul transportor al maşinii de copiat ..... 344
3. Sistemele lumino-optice pentru copierea imaginii şi a fonogramei ..... 352
4. Modulatorii de expunere ..... 356
5. Dispozitivele auxiliare ale maşinilor de copiat ..... 362
6. Exploatarea maşinilor de copiat ..... 363
7. Principalele caracteristici tehnice ale diferitelor tipuri de maşini de copiat ..... 366

Cap.XIV. Etalonarea filmelor alb-negru şi color ..... 372
1. Importanţa şi principiile procesului de etalonare a filmelor ..... 372
2. Procesul de etalonare alb-negru ..... 373
3. Normarea peliculei pozitive alb-negru.... 376
4. Dispozitive pentru ancoşarea peliculei şi executarea fişei de lumini ..... 378
5. Procesul de etalonare color..... 379
6. Normarea peliculelor pozitive color..... 387
7. Forfiltrele şi fişele de lumini color..... 388
8. Controlul obiectiv al etalonării color cu ajutorul scalei gri ..... 390

Cap.XV. Developarea negativelor alb-negru şi color şi executarea copiilor de lucru ..... 391
1. Procedee de developare a negativelor la probă şi la $\gamma$ = const..... 391
2. Trasarea şi utilizarea curbelor $\gamma=f(t)$ ..... 397
3. Determinarea parametrilor de developare pe baza sensitogramelor de control..... 399

Pag.

4. Controlul negativului înainte şi după developare ..... 400
5. Etalonarea negativelor ..... 401
6. Pregătirea negativului pentru copiere.... 403
7. Normarea peliculei pozitive pentru realizarea copiilor de lucru ..... 403
8. Developarea copiilor de lucru ..... 406
9. Controlul copiilor de lucru ..... 407
10. Pregătirea negativelor pentru depozitare ..... 409

Cap.XVI. Procese reversibile de prelucrare ..... 411

1. Principiile procesului reversibil ..... 411
2. Schema procesului reversibil alb-negru... 415
3. Schema procesului reversibil color..... 417
4. Fazele proceselor reversibile..... 420
5. Tehnologia developării revresibile ..... 426
6. Utilizarea procesului reversibil în televiziune şi în alte scopuri ..... 433

Cap. XVII. Prelucrarea peliculei de sunet ..... 433

1. Fonograma transversală şi intensivă..... 433
2. Caracteristicile fonogramei transversale ..... 437
3. Caracteristicile sensitometrice ale peliculelor pentru înregistrarea optică a sunetului ..... 438
4. Influenţa înregistrării şi copierii asupra calităţii fonogramei transversale ..... 440
5. Metodele de determinare a parametrilor de înregistrare şi copiere ..... 442
6. Influenţa procesului de developare şi determinarea parametrilor optimi de revelare ..... 448
7. Controlul maşinilor de copiat ..... 450
8. Particularităţile fonogramei pe peliculele pozitive color ..... 451
9. Prelucrarea separată a fonogramei color..... 453
10. Caracteristica, înregistrarea şi prelucrarea fonogramei intensive ..... 457

Cap.XVIII. Montarea negativelor şi executarea lucrărilor speciale ..... 459

1. Alegerea negativelor pentru montaj .... 459
2. Controlul negativelor alese ..... 460
3. Montarea negativului-imagine după pozitivul montat ..... 461
4. Executarea şi controlul lipiturilor ... 465
5. Realizarea bobinităelor de etalonaj.... 466
6. Montarea negativului de sunet ..... 467

| | | Pag. |
|---|---|---|
| | 7. Montarea **cozilor** de donner, a scalelor şi a starturilor de început şi sfîrşit. | 468 |
| | 8. Executarea lucrărilor speciale şi montarea lor în negativ ..... | 469 |
| Cap.XIX. | Executarea copiei pozitive standard etalon şi a tirajului de pe negative ..... | 475 |
| | 1. Vizionarea copiei pozitive montate..... | 475 |
| | 2. Executarea probelor de imagine şi de sunet..... | 476 |
| | 3. Executarea bobinei de probă pentru alegerea contrastului ..... | 478 |
| | 4. Executarea şi rectificarea primei copii tehnice ..... | 479 |
| | 5. Executarea celorlalte copii tehnice pînă la copia standard etalon ..... | 48o |
| | 6. Executarea tirajului de pe negative..... | 483 |
| Cap.XX. | Contratiparea alb-negru ..... | 484 |
| | 1. Importanţa procesului de contratipare.... | 484 |
| | 2. Descrierea celor două etape ale contratipării ..... | 487 |
| | 3. Condiţiile sensitometrice ale contratipării alb-negru ..... | 488 |
| | 4. Condiţiile granulometrice şi rezolvametrice ale contratipării alb-negru ..... | 491 |
| | 5. Caracteristicile peliculelor destinate contratipării ..... | 492 |
| | 6. Determinarea obiectivă şi subiectivă a parametrilor de contratipare ..... | 494 |
| | 7. Prelucrarea chimico-fotografică a lavenzilor şi contratipelor ..... | 498 |
| | 8. Controlul obiectiv al calităţii contratipării imaginii ..... | 499 |
| Cap.XXI. | Contratiparea color ..... | 5oo |
| | 1. Particularităţile procesului de contratipare a negativelor color ..... | 5oo |
| | 2. Condiţiile sensitometrice pe care trebuie să le îndeplinească contratipele color ..... | 5o2 |
| | 3. Clasificarea metodelor de contratipare color ..... | 5o2 |
| | 4. Procedeul reversibil de contratipare color ..... | 5o3 |
| | 5. Procedeul de contratipare prin interpozitive color ..... | 5o7 |
| | 6. Procedeul de contratipare color prin interpozitive alb-negru ..... | 511 |
| | 7. Metodele sensitometrice obiective de determinare a parametrilor şi de control la contratiparea color ..... | 515 |


Scanned with OKEN Scanner

Pag.

Cap.XXII. Subtitrarea filmelor ..... 517
1. Generalităţi ..... 517
2. Procedeul de ştanţare a titlurilor.... 519
3. Procedeul de subtitrare foto-optică... 521

Cap.XXIII. Executarea tirajului de copii pozitive de 35 şi 16 mm ..... 529
1. Generalităţi ..... 529
2. Executarea tirajului de copii pozitive alb-negru de 35 mm de pe contratip ..... 531
3. Executarea tirajului de copii pozitive color de 35 mm de pe contratip ..... 533
4. Executarea tirajului pe peliculă îngustă de 16 mm ..... 536
5. Tirajul de copii color prin procedeul hidrotipic ..... 539

Cap.XXIV. Pregătirea materialelor pentru copiere şi proiecţie ..... 544
1. Pregătirea materialelor primare pentru copiere ..... 544
2. Pregătirea materialelor pentru proiecţie ..... 547
3. Operaţia de ştergere a peliculei .... 55o

Cap.XXV. Restaurarea şi tratamentul profilactic al peliculelor ..... 552
1. Clasificarea metodelor de restaurare şi de tratament profilactic al peliculelor ..... 552
2. Metoda de îndepărtare a zgîrieturilor şi frecăturilor de pe suprafeţele peliculelor ..... 553
3. Metode de restaurare pentru îndepărtarea altor genuri de defecte ale peliculelor ..... 555
4. Tratamentul profilactic pentru limitarea uzurii peliculei ..... 556

Cap.XXVI. Controlul tehnic al prelucrării peliculei. Principalele defecte ..... 558
1. Rolul controlului tehnic în lanţul tehnologic al prelucrării peliculei.. 558
2. Controlul mecanic şi fotografic pe derulator ..... 56o
3. Controlul prin vizionare pe ecran.... 562
4. Principalele defecţiuni ale imaginii şi ale sunetului şi cauzele lor..... 565
5. Stările tehnice ale copiilor de film ..... 569

Pag.

Cap.XXVII. Principalele tipuri de pelicule utilizate în cinematografie ..... 572
1. Clasificarea peliculelor cinematografice 572
2. Dimensiunile peliculelor şi formatelor imaginii ..... 574
3. Tipuri de pelicule ..... 577
4. Depozitarea şi condiţiile de păstrare ale peliculelor virgine ..... 597
5. Recepţia peliculelor virgine ..... 599

Cap.XXVIII. Tehnica preparării soluţiilor de prelucrare ..... 602
1. Recepţia substanţelor chimice destinate preparării soluţiilor de prelucrare ..... 602
2. Instalaţiile şi tehnologia de preparare a soluţiilor ..... 604
3. Specificul preparării principalelor soluţii de prelucrare ..... 606

Cap.XXIX. Controlul chimic al soluţiilor pentru prelucrarea peliculei ..... 609
1. Importanţa şi conţinutul controlului chimic ..... 609
2. Metode de determinare analitică a concentraţiilor componenţilor din revelatori ..... 611
3. Determinarea concentraţiei componenţilor principali din soluţiile auxiliare..... 615
4. Determinarea pH-ului soluţiilor de prelucrare ..... 617
5. Periodicitatea analizelor şi toleranţelor admisibile ..... 618
6. Menţinerea echilibrului chimic al soluţiilor de prelucrare ..... 620

Cap.XXX. Controlul sensitometric al proceselor de prelucrare a peliculei ..... 625
1. Importanţa şi conţinutul controlului sensitometric şi legătura sa cu controlul chimic ..... 625
2. Controlul proceselor cu sensitograme şi scale ..... 628
3. Efectuarea controlului proceselor negative, pozitive şi de contratipare ..... 630
4. Interpretarea rezultatelor şi determinarea corecţiilor de minutaj sau temperatură ..... 633

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

5. Toleranţele admisibile de variaţie a caracteristicilor sensitometrice care se controlează ( $\gamma$ ,Dc şi Do)..... 635

Cap.XXXI. Protecţia muncii în laboratoarele de prelucrare a peliculei ..... 638

1. Generalităţi ..... 638
2. Normele de protecţie a muncii pentru laboratoarele de prelucrare a peliculei ..... 639

Scanned with OKEN Scanner

Nr. coliilor de tipar: 40,875
Nr.planşelor: -

Întreprinderea poligrafică "Grafica Nouă" U. II
Str. Alexandru Odobescu Nr.12 - Bucureşti
Republica Socialistă România
Comanda Nr.11917/4035

Lei 19,60

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI—1971

Scanned with OKEN Scanner